PRINCIPJ

DI

ASTRONOMIA

DI

D. VINCENZO BONICELLI

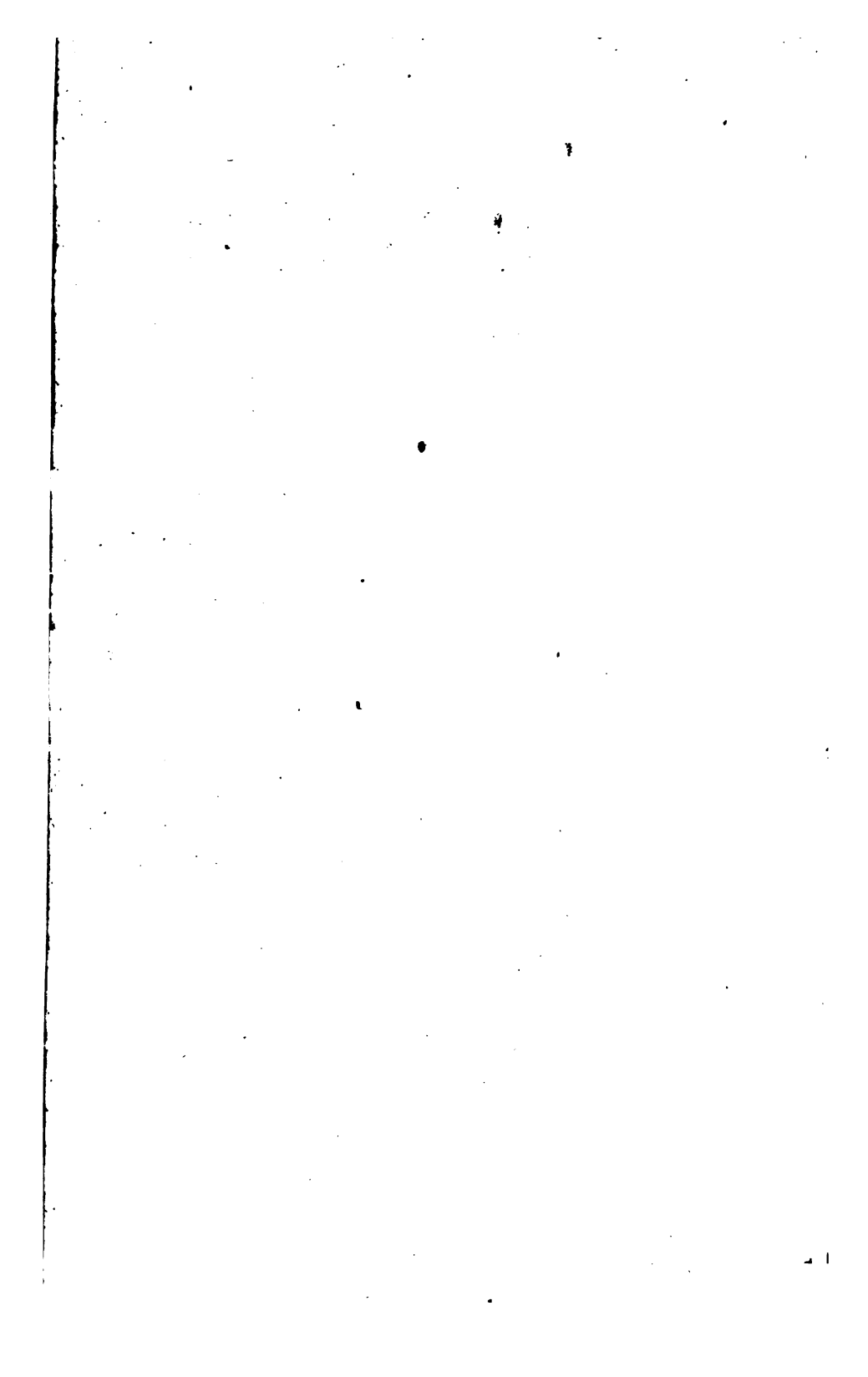
CON APPENDICE INTORNO IL CALENDARIO

MILANO
PRESSO BRANCA E DUPUY
contrada di S. Paolo, N.° 935

PRINCIPJ

DI

ASTRONOMIA

DI

D. VINCENZO BONICELLI

Coeli enarrant gloriam Dei.
Salmo XVIII.

BERGAMO
DALLA STAMPERIA DI LUIGI SONZOGNI
1834.

INDICE

ETIMOLOGIA DI ALCUNI VOCABOLI TECNICI.

Invece d' interrompere lungo il libro il discorso per dare l' etimologia dei tecnici vocaboli, qui preventivamente la indicherò. Ma sarà bene che il Lettore non ricorra a queste indicazioni se non quando, letto alcuno di quésti vocaboli e compreso quale sia l' oggetto che denomina, voglia pur conoscerne la derivazione.

ABSIDE — Greca voce, usata ancora dai Latini: significa *Volta o arcata.*

AFELIO — Greca voce che vale *Punto più lontano dal sole.*

APOGEO — Greca voce che vale *Punto più distante dalla terra.*

ARTICO — Greco epiteto che vale *Spettante alle orse*; si attribuisce a quanto appartiene alla plaga settentrionale del cielo, perchè adorna di due costellazioni chiamate *Orsa Maggiore* l' una e *Orsa Minore* l' altra.

ANTARTICO — Greco epiteto che significa *Opposto alle orse.* Si dà a quanto spetta alla plaga australe del cielo, perchè è diametralmente opposta all' artica.

ASTRONOMIA — Greco vocabolo composto di due nomi significanti *astro* il primo *e legge* il secondo, e che per conseguenza ha il seguente senso: *Scienza delle leggi a cui gli astri obbediscono.*

AZIMUT — Deriva dall' arabo *Alsempt* che non significa altro che *Il punto.*

COLURI — Greca parola corrispondente alle latine *Mutili cauda.* Dei due circoli che vennero detti *coluri* non vediamo mai elevarsi sopra il nostro orizzonte la parte australe, quasi fossero in questa parte mutilati, e per ciò ebbero questo nome.

ECLISSE — Greca voce che corrisponde alla latina *Defectio.*

ECLITTICA — Il nome di questo circolo derivò da quello degli eclissi i quali non succedono se non mentre la luna attraversa l' eclittica o è molto prossima alla medesima.

EPATTA — Deriva dal greco verbo *Epago* che corrisponde al latino *Adjicio*, e significa *Aggiunta.*

EST, SUD, OVEST, NORD — Voci olandesi introdotte nella Marineria in questi ultimi secoli per denominare i quattro *punti cardinali.*

EFFEMERIDE — Greca parola equivalente a *Giornale* o *Calendario.*

FASE — Greca voce corrispondente alla latina *Apparitio.*

LUNETTA astronomica — Denominazione che danno i Francesi al *Telescopio astronomico.*

MICROMETRO — Greca espressione equivalente a *Misurature delle piccole cose.*

NADIR — Parola araba significante *Punto simile*, quasi si volesse con essa dire che il punto di cui si parla è nell' emisfero inferiore similmente situato che lo zenit nel superiore.

ORIZZONTE — Deriva dal greco *Orizo* che corrisponde al latino *Finio.* Questo nome che vale quanto *Finitore* compete al circolo a cui si attribuisce il quale serve appunto di confine tra la parte visibile e la invisibile delle sfere celeste e terrestre.

PARALLASSE — Greca parola corrispondente alla latina *Transmutatio.*

PERIELIO — Greca voce significante *Presso al sole.*

PERIGEO — Greca voce significante *Presso alla terra.*

SIZIGIE — Greco vocabolo che al latino *Conjunctio* corrisponde.

TELESCOPIO — Deriva dal greco e significa *Strumento con cui vedesi lontano.*

TROPICO — Proviene dal greco *Trope* che corrisponde al *Conversio* dei latini o al *Ritorno* degli italiani. Ai due Paralelli chiamati *tropici* compete questo nome perchè il sole nel suo apparente moto annuo non discostasi dall' equatore più che non ne siano discosti i tropici, e giunto a questi limiti ritorna ad appressarsi all' equatore. Dal nome poi dei due segni celesti, pel principio dei quali passano questi due circoli, uno è detto *Tropico del cancro* e l'altro *Tropico del capricorno.* S' intende poi come convenga l' epiteto di *tropico* ancora all' anno da cui dipende il periodico ritorno delle stagioni.

ZENIT — Voce araba derivata da *Semt* che significa *Punto* o da *Semt Ras* che significa *Punto elevatissimo.*

ZODIACO — Deriva dal greco *Zodia* che vale *Animalcula* e che usavasi ad indicare i dodici segni celesti.

ZONA — Greca voce significante *Cintura.*

INTRODUZIONE.

In questo libro, Scolari Carissimi, intendo esporvi quanto in quello dei Principj di Meccanica desideravate di più particolarizzato intorno i fenomeni celesti. Non crediate però che io voglia insegnarvi nè la maniera di fare le astronomiche osservazioni, nè quella di accompagnare col calcolo i moti degli astri o di predirne i fenomeni o di scoprirne di nuovi. In tali argomenti si occupino i Giovani prescelti ad osservare le più grandi maraviglie della Natura dalle specole astronomiche, chè l' elementare istruzione che deve darsi nei nostri Licei non estendesi a tanto. Una breve esposizione dei principali fenomeni celesti, ecco il tema del libro. Se Voi nel leggerlo v' invaghite, siccome vorrei, di conoscere più addentro in Astronomia, nella più sublime delle scienze naturali, purchè le circostanze ve lo permettano, da questa prima lettura passate con alacrità a quella di libri che estesamente ne trattano, che le vostre fatiche saranno ampiamente ricompensate dal diletto e dai vantaggi che tali studj vi apporteranno. Ma pochissimi potrete ciò fare; altri studj ed altre occupazioni

vi attendono: ed io a Voi ultimi specialmente destino questo libro colla speranza che possa bastare a darvi quelle cognizioni astronomiche che lo stato attuale della letteraria coltura rende indispensabili ancora in quelli che non sono astronomi.

Due sono le principali occupazioni dell' Astronomo: osservare e spiegare i fenomeni celesti. L' ordine che seguirò in questo libro sarà conforme a questa divisione. Indicato appena come si possano fare esatte osservazioni, vi riferirò i principali fenomeni del cielo, poi alquanto più estesamente ve li spiegherò. Non mi atterrò però sempre rigorosamente a tale divisione: quell' unico ordine che vorrei con esattezza seguire è che le materie siano ordinate in maniera che le precedenti invoglino delle susseguenti e queste per essere intese non abbisognino che delle precedenti.

La spiegazione dei fenomeni celesti richiederà molte cognizioni di Meccanica e di Fisica. Ma avendo Voi alle mani i miei Principj di Meccanica e la Traduzione della Fisica di Giuseppe Mollet, per non ripetere nel presente libro, che vorrei più piccolo che si può, quanto nei detti libri si ritrova, v' invierò spesse volte ai medesimi citandone i luoghi nei quali potrete leggere le richieste cognizioni, qualora non le aveste già chiare in memoria o non giudicaste meglio attignerle a qualche altro trattato.

DIFFINIZIONI

1. Chiamasi *orizzonte* l'immenso piano circolare di cui crede occupare il centro chi volge intorno lo sguardo da un luogo elevato.

2. Dalla circonferenza di questo piano sembra elevarsi ed estendersi l'immensa concavità sferica che chiamiamo *Cielo*, il di cui centro diresti coincidere con quello dell' orizzonte. Dunque l' orizzonte, se la sfera cava di cui scorgi la metà si estende ugualmente anche al di sotto del medesimo, la divide in due emisferi e te ne nasconde l' *inferiore*.

3. Chiamasi *zenit* il punto che nella concavità sferica dell' *emisfero superiore* si trova sul prolungamento della linea *verticale* che immagini innalzata sopra la tua testa in direzione perpendicolare all' orizzonte, e *nadir* il punto in cui la detta verticale continuata incontrerebbe la stessa concavità nell' *emisfero inferiore*. Questi due punti saranno dunque ugualmente distanti da tutti i punti della circonferenza dell' orizzonte. Alla nominata sfera cava si dà il nome di *sfera celeste*.

4. Chiamasi *circolo verticale* qualsivoglia circolo massimo della sfera celeste il quale passi per li due punti zenit e nadir. *Circolo massimo* è quello che divide una sfera in due parti eguali.

5. In questa sfera celeste si vedono sorgere e tramontare il sole, la luna e un numero infinito di *astri*. Questi *corpi celesti* allo sguardo appajono tutti egualmente distanti e quasi fossero fissi nella volta del cielo. Ma ciò è un errore dell' occhio nostro il quale oltre un certo ristretto limite male sa giudicare delle distanze degli oggetti.

Ma che cosa sono questo cielo che vediamo e questi astri che lo adornano succedendosi continuamente gli uni agli altri? quale la figura di questi astri, la grandezza, la natura? quanto sono distanti da noi, e quanto distanti tra loro stessi? quali i loro moti, e quale la cagione e le leggi dei moti medesimi?

Giovane Lettore, ecco a quante e quali dimande insegna a rispondere lo studio che intraprendi!

Rivoluzione diurna della sfera celeste: diffinizioni relative alla medesima.

6. Se tu vorrai consacrare alcune notti ad osservare il magnifico spettacolo che il cielo sereno ti presenta, apprenderai che tutti gli astri che splendono a qualche distanza dal settentrione una volta ogni 24 ore al pari del sole spuntano in oriente, d'onde descrivendo un arco circolare s'innalzano gradatamente sino al punto di mezzo del loro corso, e quindi descrivendo un altro uguale arco circolare abbassansi grado grado finchè tramontano in occidente. Apprenderai parimente che in queste corse il moto di ciascun astro è uniforme; che la direzione di un astro è paralella a quella di tutti gli altri e che, prescindendo dalla luna e da alcuni altri pochissimi, l'arco che un astro percorre in un dato tempo è uguale pel numero di gradi all'arco che in tempo eguale ogni altro descrive, e che in conseguenza la posizione di un astro rispetto a quella di quasi tutti gli altri non soffre veruna alterazione per questi moti. Intorno poi al tempo che questi astri stanno sotto l'orizzonte, apprenderai che per ciascuno è di tante ore precisamente, quante colla sua ordinaria e uniforme velocità impiegherebbe a percorrere nell'alto del cielo un arco eguale a quello che richiedesi per completare la circonferenza circolare di cui descrisse una parte passando da oriente in occidente. Si chiamano *stelle* quegli astri che non mutano mai la loro posizione relativa. A quei pochi che la mutano si dà il nome di *pianeti*, parola che significa erranti.

Arco diurno. Arco notturno.

7. Se ti poni a contemplare ancora gli astri che adornano la parte settentrionale del cielo, vedrai che questi mai non tramontano, ma che tutti collo stesso ordine degli altri e nello stesso tempo percorrono circonferenze circolari nella sfera celeste, e che in questa rivoluzione ciascuno giunge una volta ad una massima e un' altra ad una minima elevazione sopra dell' orizzonte. Dal che dedurrai essere circolari ancora sotto dell' orizzonte le trajettorie di quegli astri che tramontano e che se l' orizzonte cambiasse d' inclinazione relativamente alle

trajettorie medesime, esse potrebbero divenire visibili in tutti i loro punti, siccome lo sono quelle degli astri settentrionali. L' arco che un astro descrive al di sopra dell' orizzonte chiamasi *arco diurno*, e *arco notturno* quello che descrive sotto.

Stella polare. Equatore. Paralelli.

8. Se accompagnerai collo sguardo in tutta la sua rivoluzione un qualsivoglia di questi astri settentrionali, conoscerai che esso si mantiene costantemente in una uguale e inalterabile distanza da un certo astro che ti apparirà senza moto. Questo si chiama *stella polare*. Conoscerai pure che le circonferenze che quotidianamente quegli astri descrivono sono tanto più ampie, quanto più ne è grande la distanza dalla medesima stella polare.

9. Con simili osservazioni rileverai pure che ancora gli archi diurni degli astri che tramontano appartengono successivamente a circoli tanto più ampj, quanto più la distanza dei rispettivi astri dalla stella polare si approssima ad essere uguale alla quarta parte della circonferenza di un circolo massimo che passasse e per la stella polare e per gli astri medesimi. L' arco diurno descritto dagli astri distanti precisamente 90° dalla stella polare si conosce che appartiene ad un circolo massimo della sfera, perchè ancora gli archi diurni degli astri che splendono in una distanza maggiore di 90° spettano a circoli successivamente più piccoli; e tanto più, quanto più la detta distanza supera i 90°. Il detto circolo massimo chiamasi *equatore* e i due emisferi nei quali divide la celeste sfera si chiamano *boreale* l' uno e *australe* l' altro. Diconsi *circoli paralelli* quelli dei quali descrivonsi quotidianamente le circonferenze dalle stelle più o meno distanti di 90° dalla stella polare.

10. L' equatore e l' orizzonte nello intersecarsi si dividono vicendevolmente in parti eguali, essendo ambidue circoli massimi della sfera celeste. La retta che ne traccia la intersezione è un diametro comune ai due circoli. La estremità orientale di questo diametro porta il nome di *oriente* o *est* e la estremità opposta quello di *occidente* o *ovest*.

11. Gli astri che nelle loro quotidiane rivoluzioni descrivono la circonferenza dell' equatore, essendo il loro arco diurno

eguale al notturno, stanno 12 ore sopra l' orizzonte e 12 sotto. I circoli paralelli nelle nostre regioni non vengono divisi in due parti eguali dall' orizzonte, ma nell' emisfero boreale i loro archi diurni sono tanto più grandi e nell' emisfero australe al contrario tanto più piccoli, quanto più ne è grande la distanza dall' equatore. Ma se l' arco diurno di un astro qualunque è maggiore o minore del suo arco notturno, ancora il tempo che questo astro sta sopra l' orizzonte è maggiore o minore del tempo che sta sotto, dovendo questi due tempi, atteso l' uniformità del moto dell' astro, essere esattamente proporzionali alle grandezze degli archi stessi.

Asse e Poli del Mondo.

12. Immagina ora un asse il quale parta dal punto della sfera celeste nel quale splende la stella polare e che passi pel centro dell' equatore e quindi si prolunghi sino a che nuovamente incontri la sfera celeste nel punto diametralmente opposto: tutti i varj moti che in queste tue notturne osservazioni ravvisasti succedono esattamente come se le stelle fossero fisse nella celeste sfera e dessa si rivolgesse ogni giorno una volta intorno al detto asse.

Se nel punto in cui questo asse penetra nell' emisfero australe splenderà qualche stella, essa al pari della stella polare non avrà moto, e gli astri che si troveranno a qualche distanza dal detto punto descriveranno quotidianamente circonferenze circolari tanto più piccole, quanto più è piccola la distanza medesima. Questa conseguenza venne confermata dalle osservazioni di tutti coloro che viaggiarono nelle parti meridionali della terra.

L' asse intorno al quale avvolgesi ogni giorno la sfera celeste è chiamato *asse del mondo*, e i suoi due punti estremi sono detti *poli del mondo*, *boreale* l' uno è *australe* l' altro.

13. Nei nostri paesi l' angolo sotto cui l' asse del mondo incontra l' orizzonte è di circa 45°, e però ancora quello che misura la inclinazione o obbliquità dell' equatore e dei circoli paralelli all' orizzonte è pure di circa 45°, dovendo questi due angoli servirsi l' uno all' altro di complemento. In altri paesi questa obbliquità è differente; in altri i detti circoli sono all' orizzonte perpendicolari e in altri sono paralelli.

Ciò dipende dall' essere fissa e inalterabile la posizione dell' asse del mondo e dell' equatore e dei circoli paralelli, mentre ad ogni luogo della terra corrisponde una linea verticale sua propria ed un suo proprio orizzonte. Dicesi che hanno la *sfera obbliqua* i paesi nei quali l' equatore e i paralelli sono obbliqui all' orizzonte, che hanno la *sfera retta* i paesi nei quali i detti circoli sono perpendicolari all' orizzonte, e che hanno la *sfera paralella* i paesi nei quali i circoli medesimi sono paralelli all' orizzonte.

La sfera *retta* si ha in quei soli paesi, allo zenit dei quali giungono una volta ogni 24 ore le stelle che splendono lungo la circonferenza del celeste equatore: questi paesi per conseguenza diconsi *equatoriali*. La sfera *paralella* corrisponde a quei soli punti che hanno allo zenit uno dei *poli del mondo*, e che però portano il nome di *poli terrestri*. Tutti gli altri luoghi della terra hanno la sfera *obbliqua*. Ma questa obbliquità è varia nei diversi paesi, e per un dato luogo la sfera è tanto più prossima ad essere *retta*, quanto più è piccola la sua distanza dai paesi equatoriali.

Meridiano celeste. Punti cardinali.

14. Dicesi *meridiano celeste* un circolo massimo della sfera celeste al quale servano di diametri l' asse del mondo e la linea verticale dell' osservatore, e che passi per conseguenza per li due poli del mondo, e per lo zenit e nadir dell' osservatore stesso. Qualsivoglia astro deve attraversare il piano di questo circolo due volte in ogni sua rivoluzione, una volta mentre passa pel punto più elevato di suo cammino, passaggio che chiamasi *culminazione* o *passaggio superiore*, e l' altra mentre passa pel punto infimo, *passaggio* che dicesi *inferiore*. Dicesi pure che un astro *culmina* mentre fa il detto *passaggio superiore*. Il meridiano divide la sfera celeste in due metà, in *emisfero orientale* e in *emisfero occidentale*. Divide parimente in due metà così gli archi diurni dei singoli astri, come gli archi notturni.

15. Il celeste meridiano e l' orizzonte, essendo ambidue circoli massimi, si dividono vicendevolmente per metà. La retta che ne traccia la intersezione è un diametro comune ai due circoli. Alla estremità settentrionale di questo diametro dicesi *settentrione* o *nord*, e *mezzodì* o *sud* alla estremità opposta.

I punti *nord*, *est*, *sud* e *ovest*, i quali dividono la circonferenza dell' orizzonte in quattro eguali parti, si chiamano i *quattro punti cardinali*.

16. Ai circoli massimi della sfera celeste si suole attribuire un *asse*. Con questa denominazione intendesi una retta indefinita che passa pel centro del circolo in direzione perpendicolare al circolo medesimo. Così all' asse del mondo si dice ancora *asse dell' equatore*, e alla linea verticale può dirsi *asse dell' orizzonte*, e alla retta che va dall' est all' ovest *asse del meridiano celeste*.

Declinazione. Circoli di Declinazione.

17. Pel centro di un dato astro o per un qualsivoglia punto della sfera potete immaginare che passi un circolo massimo il quale passi eziandio per li due poli del mondo. Un arco di questo circolo s' interporrà tra l' equatore e il dato astro o punto, purchè il dato astro o punto non giaccia nel piano equatoriale. A questo arco, che si esprime in gradi, minuti e secondi, e che misura la distanza del dato astro o punto dall' equatore, si dà il nome di *declinazione* del dato astro o punto, e al circolo a cui spetta questo arco si dà quello di *circolo di declinazione*. È indefinito il numero dei circoli di declinazione, potendosene tanti immaginare quanti sono i punti della semicirconferenza dell' equatore o di un circolo parallelo. Ciascun circolo di declinazione coincide col meridiano celeste mentre l' astro o punto per cui passa attraversa il meridiano medesimo. È per questo che ai circoli di declinazione si dà pure il nome di *meridiani*. La declinazione è *boreale* o *australe* secondo che l' astro o il punto a cui spetta è nell' emisfero boreale o nell' australe.

Azimut. Amplitudini.

18. All' arco dell' orizzonte, interposto tra il sud e il punto onde surge un astro si dà il nome di *azimut* dell' astro medesimo. Dicesi parimente azimut all' arco interposto tra il sud e il punto in cui tramonta lo stesso astro. Questi due archi per una data stella qualunque sono uguali. La posizione del punto in cui un dato astro nasce o tramonta si può riferire ugualmente ancora al punto nord, e chiamansi pure azimut del dato astro gli archi dell' orizzonte interposti tra i detti punti.

19. Dicesi *amplitudine ortiva* di un dato astro quell' arco dell' orizzonte che è compreso tra il punto est e il punto onde l' astro surge. E dicesi *amplitudine occidua* o *occidentale* di un astro l' arco compreso tra il punto ovest e il punto in cui il medesimo astro tramonta. Queste due amplitudini per una data stella qualunque sono eguali.

Meridiano terrestre.

20. Apprenderemo a suo luogo che la figura della terra poco differisce da quella di una sfera, e che se la può riguardare come concentrica con la sfera celeste. Segue da ciò che il meridiano celeste dividerà ancora la terra in due emisferi, uno orientale e l' altro occidentale. La sezione del meridiano celeste con la sferica superficie terrestre è la circonferenza di un circolo massimo di questa sfera terrestre e porta il nome di *meridiano terrestre*; esso giace nel piano del meridiano celeste ed è concentrico col medesimo.

Atteso questa sfericità della terra, l' *orizzonte* deve riguardarsi come un immenso piano che tocca il *globo terrestre* nel luogo in cui ritrovasi l' osservatore, e la *linea verticale* come il prolungamento di quel terrestre diametro che ha una sua estremità nel luogo medesimo.

Ai piani ed alle rette linee aventi una direzione paralella all' orizzonte si dà l' epiteto di *orizzontali*.

Vastità della sfera celeste.

21. È infinita la grandezza della sfera celeste, e si esprime la pura verità quando dicesi che *la sfera celeste ha il centro da per tutto e la circonferenza in nessun luogo*. Il globo terrestre poi è bensì inconcepibilmente vasto paragonato al nostro corpo, ma paragonato alla sfera celeste è un atomo, un nulla. Di queste verità ci persuaderemo nel corso del libro, e qui avanti tempo le accenno acciò il giovine Lettore non accusi d' inesattezza geometrica l' astronomo se ora suppone che il centro della sfera celeste e de' varj circoli massimi della medesima coincida col centro della terra ed ora con la pupilla dell' osservatore o con il centro de' suoi strumenti e ciò in qualsivoglia luogo della terra sia esso situato. Se ciò fa, è

perchè non potrebbe fare altrimente, essendo sempre la retta che s' interpone tra il centro terrestre e l' osservatore una quantità talmente piccola a fronte del raggio della sfera celeste, che non si può non computare come uguale a zero. È pur cosa affatto indifferente il riguardare l' asse del mondo come una retta che congiunga tra loro i due poli del mondo passando pel centro terrestre o per la pupilla dell' osservatore o per qualunque altro punto della terra, ecc.

Delle Osservazioni Astronomiche.

Degli Strumenti Astronomici.

22. L' Astronomo determina la posizione degli astri nella volta celeste misurandone col mezzo di appositi strumenti la distanza da quei varj circoli e punti che esso immagina nella celeste sfera, parecchi dei quali vennero diffiniti nei §§. precedenti e alcuni altri pochi lo saranno nei susseguenti.

Gli strumenti più importanti per le astronomiche osservazioni sono i cannocchiali o telescopj, gli orologi ed i quadranti. Nulla dirò intorno i telescopj e gli orologi, poichè dei primi si discorre quanto basta nel cap. 6.° del tomo 5.° della Fisica di G. Mollet e dei secondi nei §§. 39 e 40 dei Principj di Meccanica. Dei quadranti poi non darò che una idea lontanissima dal vero, poichè per avere una sufficiente cognizione delle grandiose macchine di cui sono fornite le specole astronomiche, della precisione di loro struttura e del modo di usarne converrebbe e leggere lunghi trattati intorno le stesse, e vederle ed esaminarle nelle specole.

Chiamasi *quadrante astronomico* un settore circolare uguale alla quarta parte di un circolo e avente l' arco esattamente diviso in gradi e minuti e al quale sta unito un cannocchiale.

23. I quadranti sono o *murali* o *portatili*. I primi sono fissi in modo che il piano dello strumento coincida con quello del celeste meridiano e che de' suoi due raggi vicendevolmente perpendicolari *CB* e *AC* (fig. 1.ª) uno sia verticale e l' altro orizzontale. I quadranti murali servono per osservare gli astri mentre passano pel meridiano. Se rivolgono la convessità dell' arco *AB* verso il nord, servono per gli astri che culminano tra il sud e lo zenit, e se la rivolgono verso il sud, servono per gli astri che culminano tra il nord e lo zenit.

Con due di questi strumenti rivolti uno al nord e l'altro al sud si potranno dunque osservare ogni giorno tutti gli astri che popolano il firmamento. Il cannocchiale di un quadrante murale può avvolgersi circolarmente intorno ad un asse orizzontale che passa pel centro *C* del circolo di cui il quadrante è un settore; ed è congiunto in modo al quadrante che la retta linea che dal centro della lente obbiettiva va al centro della oculare, e che chiamasi *asse* del cannocchiale, debba costantemente conservarsi paralella al piano del quadrante, e giacere per conseguenza tutta intiera, benchè indefinitamente protratta, nel piano del meridiano celeste che passa per la pupilla dell' osservatore. Questo strumento serve a misurare con esattezza l' arco del celeste meridiano, compreso tra lo zenit e il punto in cui un dato astro qualunque attraversa il meridiano, arco che chiamasi *distanza* dell' astro culminante dallo zenit, o pure l' arco compreso tra l' orizzonte e il detto punto, il quale arco dicesi *altezza* dell' astro culminante sopra l' orizzonte. Quando infatti avrai diretto l' asse *DC* dal cannocchiale all' astro culminante *S*, l' arco *BE* del quadrante, compreso tra il raggio verticale *CB* e la retta linea visuale *DCS* condotta dall' occhio dell' osservatore per li centri delle lenti all' astro *S*, sarà eguale pel numero dei gradi, minuti e secondi all' arco del celeste meridiano compreso tra lo zenit *Z* e l' astro *S*, essendo gli angoli *DCB* e *ZCS* uguali perchè opposti al vertice; e l' arco *EA* che serve di complemento all' arco *BE*, sarà uguale pel numero di gradi, minuti e secondi all' arco compreso tra l' orizzonte *H* e l' astro *S*, essendo parimente uguali i due angoli *SCH*, *DCA*. Potrai pure con questo quadrante misurare la declinazione dell' astro nel momento che passa pel meridiano.

24. La figura 2.ª rappresenta un piccolo quadrante portatile. Un simile strumento si appende ad un asse orizzontale passante pel centro *C*, e intorno a questo asse può avvolgersi conservandosi sempre in un piano verticale. Il cannocchiale *DC* gli è attaccato immobilmente in maniera che il proprio asse *DC* si confonda con uno dei raggi *AC* da cui il quadrante è terminato. Al quadrante stesso è unito un filo a piombo *CE* pendente dal centro *C*. Un simile quadrante può servire per misurare gli archi di un qualsivoglia circolo verticale della sfera celeste e quindi a dare in gradi, minuti e

secondi la distanza dallo zenit o dall' orizzonte di un qualsivoglia astro, qualunque sia il punto in cui risplende nella volta celeste. Infatti poichè avrai indirizzato l' asse DC del cannocchiale all' astro S, l' angolo SCZ formato dalla visuale CS e dalla verticale CZ e che rappresenta la distanza dell' astro S dallo zenit, è misurato dall' arco AF compreso tra l' asse DC e il filo a piombo CE, essendo quest' arco la misura dell' angolo $FCA = SCZ$. Nell' arco FB che serve di complemento all' arco AF, avrai poi la misura della distanza dall' astro dell' orizzonte.

25. Le amplitudini e gli azimut degli astri si misurano col mezzo di un gran circolo posato stabilmente in un piano orizzontale, e avente la circonferenza esattamente graduata e diviso in quattro quadranti dalle direzioni sulla sua superficie tracciate della retta linea che va dal sud al nord passando pel suo centro e della retta che dall' est va all' ovest passando pel centro medesimo, e accompagnato da un cannocchiale che può circolare intorno ad un asse verticale che ergesi dal centro stesso.

26. Per mezzo di questi strumenti l' astronomo sa precisare in qualsivoglia istante la posizione di un astro relativamente ai diversi circoli e punti che esso immagina nella volta celeste, come pure in analoga maniera sa precisare la posizione di un astro relativamente a quella di un altro qualunque o di molti altri. Gli astronomi accompagnando con analoghe osservazioni per anni moltissimi i moti degli astri, fra le mille altre cognizioni impararono che il luogo in cui un astro appare non è generalmente quello nel quale veramente si ritrova, e quindi non confondono insieme il *luogo apparente* di un astro col suo *luogo vero*. Conobbero pure quali siano le cause produttrici di un tale effetto, e come e quanto operino; e ricchi di tali cognizioni giungono a dedurre quale sia il *vero* luogo di un astro quando ne conoscono il luogo *apparente*. Le dette cause sono la *Rifrazione astronomica*, l' *Aberrazione* e la *Parallasse*. È d' uopo che esponiamo in che cosa consistano.

Della Rifrazione Astronomica.

27. Il globo terrestre è circondato di aria. Questo fluido, essendo elastico e pesante, non può avere una eguale densità

in qualunque distanza dal livello del mare, ma a proporzione che questa cresce, quella deve gradatamente scemare. Non sappiamo sino a quale altezza l' aria si elevi, sappiamo unicamente che a quella di circa quarantatre miglia ha ancora una densità sufficiente a riflettere qualche raggio di luce (V. Mollet Fisica t. 5. n. 1378). Ma la luce si rifrange e quando passa dal voto in un mezzo, e quando, se il mezzo non è omogeneo, passa da uno in altro strato di diversa densità. La luce che viene dagli astri a noi deve dunque rifrangersi non solo alla superficie superiore dell' aria, ma ancora ad ogni piccolo tratto che percorre in passando dalla superficie medesima sino a noi. Tutte queste rifrazioni si fanno nello stesso verso, e l' effetto che tutte insieme producono consiste nel fare apparire tutti gli astri, eccetto quelli che splendono al nostro zenit, più elevati di quello realmente siano sopra dell' orizzonte. Nella Fisica di G. Mollet (t. 5. c. 3. §. 7.) troverai spiegato con la dovuta estensione il notato effetto che porta il nome di *rifrazione astronomica.*

28. La rifrazione astronomica cresce e cala insieme con la densità atmosferica. Ha quindi una stretta relazione con l' altezza del barometro e con quella del termometro. Infatti la densità dell' aria cresce crescendo la pressione e calando la temperatura. I due nominati strumenti per conseguenza sono preziosi ancora per l' astronomo che deve consultarli ogni volta che determinato avendo il luogo apparente di un astro, ne vuole calcolare il luogo vero.

29. La rifrazione astronomica in una data densità atmosferica è massima quando l' astro è all' orizzonte, decresce rapidamente all' elevarsi dell' astro ed è uguale a zero per gli astri che sono allo zenit, poichè la luce che da questi giunge a noi, incontrando l' aereo mare e tutti i suoi successivi strati differentemente densi in direzione perpendicolare, non subisce veruna rifrazione. Tutto ciò dipende dalle leggi che regolano la rifrazione della luce.

30. L' astronomo accompagnando colle osservazioni e col calcolo i moti degli astri giunse a conoscere la quantità della rifrazione astronomica per una qualsivoglia elevazione dell' astro sopra l' orizzonte e l' influenza che esercita sulla medesima qualunque variazione nell' altezza del barometro e del termometro. Noi non entreremo in tutti questi particolari e ci

limiteremo, cosa che può bastarci per avere una idea della intensione della rifrazione astronomica nelle diverse elevazioni, a riferire nel seguente quadro le quantità di cui la rifrazione fa comparire l' astro più elevato del vero in alcune elevazioni. Questo quadro fu calcolato pel caso che l' altezza barometrica sia settecentosessanta millimetri e il termometro centigrado segni i quattordici gradi sopra lo zero.

Altezza apparente	*Corrispondente rifrazione*	*Altezza apparente*	*Corrispondente rifrazione*	*Altezza apparente*	*Corrispondente rifrazione*
0° 0'	33' 16"	2° 30'	15' 59"	10°	5' 15"
0 10	31 25	3 0	14 15	15	3 31
0 20	29 42	3 30	12 49	20	2 36
0 30	28 6	4 0	11 38	30	1 39
0 40	26 38	5 0	9 45	40	1 8
0 50	25 15	6 0	8 22	50	0 48
1 0	23 59	7 0	7 18	60	0 33
1 30	20 43	8 0	6 28	75	0 15
2 0	18 6	9 0	5 48	90	0 0

31. Intorno poi alla corrispondenza tra la intensione della rifrazione astronomica e l' altezza del barometro e del termometro sappi che partendo dai limiti dei 760 millimetri per l' uno e dei 14° per l' altro, secondo i quali fu calcolato il riferito quadro, e intanto che l' astro non è più elevato di 5 gradi sopra l' orizzonte, ogni variazione di 5 millimetri in più o in meno nell' altezza barometrica cagiona una variazione in più o in meno di circa 4" nella rifrazione, e che ogni variazione in meno o in più di un grado del termometro centigrado produce un aumento o una diminuzione di circa 2", 25 nella rifrazione astronomica.

Della Aberrazione.

32. Apprenderemo nel progresso del libro che la luce giunge dagli astri a noi con un moto rapidissimo, così pure che la

terra, lungi dall' essere in quiete come a noi sembra, è fornita di un moto velocissimo, percorrendo essa annualmente una estesissima orbita intorno al sole. Ma dalla combinazione di questi due moti deve risultare una certa differenza tra il luogo *vero* degli astri e quello in cui appajono. Infatti rappresenti la retta MT (fig. 3) un piccolissimo arco dell' orbita che dalla terra si percorre e la ST un raggio luminoso che emana dall' astro S e giunge in T nello stesso istante che la terra. La velocità della luce sia rappresentata dalla FT e quella della terra dalla MT. Se la luce che deve destare la sensazione dell' astro nell' occhio dello spettatore, il quale ha la stessa velocità che la terra, fosse in T senza verun moto, l' occhio in giungervi la urterebbe con un impeto proporzionale alla sua velocità MT. Ma poichè la reazione è per legge generale di Meccanica sempre uguale ed opposta all' azione, questa luce reagirebbe sull' occhio in direzione opposta e con un impeto eguale e che può rappresentarsi dalla stessa MT. Prolungata quindi la MT, e fatta $NT = MT$, la NT rappresenterà la forza e la direzione della sensazione prodotta da questa luce supposta senza moto in T e incontrata dallo spettatore con la velocità MT. Ma la luce lungi dal trovarsi in quiete in T, vi arriva e entra nell' occhio con la veementissima velocità FT. Lo spettatore adunque ne dovrà sentire un urto ancora nella direzione FT e questo proporzionale alla medesima velocità. Questo urto FT non può distruggere l' altro NT, e l' occhio li soffre ambidue contemporaneamente. Ma questi due urti simultanei per la legge della composizione delle forze devono comporsi in un solo e questo proporzionale alla diagonale ET del paralellogrammo $FTNE$ e diretto secondo la stessa. Dunque l' astro S, non potendosi da noi vedere gli oggetti se non lungo la retta linea secondo la quale se ne desta nell' occhio dalla luce la sensazione, si vedrà non nel suo *vero* luogo S, bensì in un luogo S' declinante alquanto verso quella plaga celeste a cui è diretto il moto MT della terra. Dicesi *aberrazione degli astri* questa influenza che le velocità della luce e della terra esercitano sul *luogo apparente* degli astri.

33. Dopo che ci saranno note le dette velocità, impareremo ancora quanta e quale debba essere l' aberrazione nei differenti astri. Per ora ci basti sapere che secondo le leggi di Mecca-

nica gli astri devono essere soggetti all'aberrazione se realmente la luce e la terra hanno le supposte velocità. L' astronomo poi, conoscendo pienamente la esposta causa di errore, saprà sempre dal luogo in cui gli appare un astro dedurre quello in cui gli apparirebbe senza l' influenza della causa medesima.

Della Parallasse.

34. Gli astri, siccome impareremo, non sono attaccati alla volta celeste, nè la distanza loro è uguale per tutti, ma è minore per gli uni e maggiore per gli altri. Noi, qualunque ne sia la distanza, li giudichiamo sempre in quel punto situati della volta celeste nel quale arriva il prolungamento della retta linea visuale dall' occhio nostro condotta al punto in cui l' astro ci appare. Da ciò deriva che due osservatori collocati in una distanza l' uno dall' altro la quale abbia una ragione finita colla distanza dell' astro, lo riferiranno l' uno in un punto e l' altro in un altro della celeste volta. Infatti se supponiamo che il circolo *FOT* (fig. 4) rappresenti il globo terrestre e l' arco *AEZ* spetti alla celeste volta, un osservatore collocato in *F* riferirebbe l' astro *S* nel punto *B* del cielo, mentre un altro situato in *O* lo riferirebbe nel punto *A*. Però se ogni osservatore si limitasse a determinare il luogo in cui l' astro gli appare, le sue osservazioni non servirebbero quasi che a sè e a chi osserva nello stesso paese. Era necessario che gli astronomi convenissero circa un punto a cui rapportare tutte le loro osservazioni. Il punto che scelsero fu il centro della terra, e poichè hanno misurata l' apparente posizione dell' astro relativamente ai circoli ed ai punti che immaginano nella volta celeste e che hanno corretto l' effetto della *rifrazione astronomica* e della *aberrazione*, calcolano il punto del cielo in cui in quell' istante vedrebbe l' astro chi lo guardasse stando nel centro terrestre. Questo punto chiamasi *luogo vero* dell' astro, e *luogo apparente* quello in cui l' astro appare a chi l' osserva dalla terrestre superficie. Porta il nome di *parallasse* la distanza del luogo *vero* dell' astro dal luogo *apparente*. Ma importa che sviluppiamo alquanto questo soggetto.

35. La retta *COZ* (fig. 4) condotta pel centro *C* della terra e pel punto *O* della terrestre superficie nel quale sup-

poniamo esservi un osservatore e prolungata sino al punto Z della volta celeste sarà la linea verticale dell' osservatore medesimo e il punto Z ne sarà lo zenit. La retta poi HOA condotta pel medesimo punto O in direzione perpendicolare alla verticale OZ traccierà la direzione dell' orizzonte dello stesso osservatore. All' apparire di un astro sull' orizzonte in S, l' osservatore lo riferirà nel punto A della celeste volta, e lo riferirà poi ai punti D e G se giungerà rispettivamente in S' e S'', e se incontrerà la verticale OZ in S''', lo riferirà al proprio zenit in Z. Se un osservatore collocato nel centro C della terra osservasse contemporaneamente quell' astro nelle tre notate posizioni S, S', S'', lo riferirebbe rispettivamente ai tre punti del cielo B, E, K, ciascuno più elevato dei corrispondenti A, D, G ai quali lo riferisce l' osservatore O, e solamente nella quarta posizione S''' lo riferirebbe esso pure al punto Z a cui si riferisce dall' osservatore O. Nel supposto caso i punti A, D, G, Z sono i *luoghi apparenti* dell' astro e i punti B, E, K, Z i corrispondenti *luoghi veri*, e vedesi che i luoghi apparenti sono sempre distinti dai veri intanto che l' astro non ritrovasi allo zenit e che in quest' unico caso il luogo apparente coincide col luogo vero. Gli archi poi AB, DE, GK interposti tra i luoghi apparenti e i luoghi veri o pure gli angoli OSC, $OS'C$, $OS''C$ rispettivamente uguali agli angoli ASB, $DS'E$, $GS''K$ insistenti sopra i nominati archi e formati nel centro dell' astro dallo incrocicchiamento delle visuali condotte dal punto O in cui si suppone l' osservatore e dal centro C della terra, misurano le parallassi dell' astro corrispondenti alle sue situazioni S, S' S'', e però portano pure il nome di *parallassi.* Dicesi poi *parallasse orizzontale* quella OSC dell' astro all' orizzonte in S, e le altre $OS'C$, $OS''C$, ecc. corrispondenti ad una data altezza dell' astro sopra l' orizzonte chiamansi *parallassi di quella determinata altezza.* Si dicano *parallatici* i triangoli OSC, $OS'C$, $OS''C$, ecc. Segue da quanto abbiamo esposto:

36. 1.° Che *un astro che ritrovasi allo zenit non ha alcuna parallasse.*

37. 2.° Che *noi per causa della parallasse vediamo sempre gli astri meno elevati di quello li vedremmo se fossimo adosservarli nel centro terrestre, eccetto il caso in cui passano per lo zenit.*

38. 3.° Che *tutto l' effetto della parallasse si fa in un piano verticale e dall' alto in basso.* Osserva infatti che tutte le visuali CSB, $CS'E$, OSA, $OS'D$, ecc. hanno un punto comune colla verticale COZ, e che però è verticale il piano in cui giaciono i triangoli parallatici.

39. 4.° Che *la parallasse orizzontale di un astro non è altro che l' angolo visuale sotto cui chi si trovasse nell' astro stesso vedrebbe il raggio CO del globo terrestre.* Già saprai che l' angolo formato da due rette linee condotte dal centro dell' occhio una a ciascuna delle opposte estremità di una data retta o del diametro di un oggetto qualunque chiamasi *angolo visuale* o *angolo ottico* o *grandezza apparente* di essa retta o di esso oggetto.

40. Essendo il triangolo parallatico SOC rettangolo in O, se facciamo il raggio trigonometrico $= 1$ (siccome, anche senza che più non ne avvertiamo, faremo in quanti calcoli occorreranno in questo libro), avremo la proporzione

a) $CS : CO = 1 : sen\ OSC.$

Per uno qualunque poi degli altri triangoli parallatici COS' avremo $CS' : CO = sen\ COS' : sen\ OS'C.$ Ma trattandosi di un medesimo astro che si considera nelle diverse ore di un dato giorno, quando all' orizzonte in S e quando in una certa altezza S' o S'', apprenderemo che tutte queste distanze CS, CS', CS'' ecc. sono sensibilmente uguali. Potremo dunque nell' ultima proporzione sostituire CS a CS', come pure $sen\ S'OZ$ a $sen\ COS'$, servendosi questi due angoli vicendevolmente di supplemento, fare cioè

b) $CS : CO = sen\ S'OZ : sen\ OS'C.$

Essendo identica in ambidue queste proporzioni a) e b) la prima ragione, la seconda ragione della a) sarà uguale alla seconda della b). Dunque $1 : sen\ OSC = sen\ S'OZ : sen\ OS'C$, o pure

c) $sen\ OSC : sen\ OS'C = 1 : sen\ S'OZ;$

cioè *il seno della parallasse orizzontale di un dato astro sta al seno della parallasse di una sua altezza determinata, come il raggio sta al seno della distanza dell' astro stesso dallo zenit.*

Da ciò segue

41. 1°. Che *la parallasse orizzontale di un dato astro è maggiore di tutte le sue parallassi di altezza, e che i seni di queste sono proporzionali ai seni delle corrispondenti distanze dell' astro dallo zenit.*

42. 2°. Che *si può sempre per mezzo dell' ultima proporzione* c) *determinare la parallasse orizzontale* OSC *di un astro, quando se ne conosce la parallasse* OS'C *di una sua nota altezza* SOS'.

Come si deduca la distanza di un astro dalla sua parallasse.

43. 3°. Che qualora si conosca la parallasse orizzontale di un astro e la lunghezza del raggio terrestre, riesce facilissima cosa il dedurre la precisa distanza dell' astro medesimo dal centro terrestre. Infatti per avere il valore di questa distanza basta risolvere in favore di CS la trovata proporzione a). Il raggio terrestre è una quantità notissima, siccome vedremo a suo luogo, e in simili computi si suole prendere come unità. Se risolvendo la detta proporzione fate $OC = 1$, avrete il valore di CS in raggi terrestri, e il numero esprimente questo valore sarà uguale al quoziente che si ottiene dividendo l' unità pel seno della parallasse orizzontale. Dunque la cognizione della parallasse degli astri non è solamente importante per le correzioni che devono farsi alle osservazioni astronomiche, ma più ancora perchè ci porge il mezzo di determinare la precisa distanza degli astri medesimi.

Come si misurino le parallassi degli astri.

44. Le fatiche che gli astronomi sostennero per misurare le parallassi degli astri furono grandissime, perchè sapevano essere massimi i vantaggi che la scienza ne doveva ritrarre. In varie maniere raggiunsero un tale intento; io non ve ne accennerò che una, acciò concepiate la possibilità della cosa.

Rappresentato col circolo TOF (fig. 5.ª) il globo terrestre, supponiamo che in ciascuno dei due punti O ed F della faccia terrestre moltissimo tra loro distanti ma però situati sotto lo stesso *meridiano* si trovi un osservatore di un astro S. L' osservatore in O di cui la verticale è CZ vedrà l' astro lungo la visuale OS e lo riferirà al punto A della sfera celeste. L' osservatore in F di cui la verticale è FZ', vedendolo lungo la visuale FS, lo riferirà al punto D.

I due angoli ZOS e $Z'FS$ si potranno misurare e però li riguarderemo come noti. Saranno dunque noti anche i loro

rispettivi supplementi SOC e SFC. Sarà pur noto l'angolo OCF misurato dall' arco OF del meridiano terrestre, interposto fra i due osservatori, avendo gli astronomi i mezzi di misurarlo con precisione siccome vedremo a suo luogo; e finalmente si conosceranno i due lati OC e FC che sono raggi della terra.

Se ora si suppone condotta la OF per li due punti di osservazione, il triangolo OCF di cui si conoscono due lati e l' angolo compreso potrà risolversi. Verranno quindi determinati gli angoli FOC e OFC e il lato adiacente OF.

Sottraendo ora dagli angoli noti SOC e SFC le porzioni determinate FOC e OFC, si avrà il valore degli angoli residui SOF e SFO. Ma conoscendosi nel triangolo OFS due angoli e il lato OF, si potranno determinare i lati SO e SF.

Supponendo finalmente condotta dal centro terrestre C all' astro la SC, si troverà il valore di essa CS, distanza dell' astro S dal centro terrestre e la parallasse di altezza OSC risolvendo il triangolo OSC di cui si conoscono due lati e l' angolo compreso; e risolvendo il triangolo FSC di cui parimente si conoscono due lati con l' angolo compreso si ritroverà e nuovamente il valore di CS e quello della parallasse di altezza FSC. Da queste parallassi di altezza poi si dedurrà ancora la parallasse orizzontale dell' astro medesimo (42).

45. Ma qui devo notare che sono pochissimi gli astri che hanno una parallasse sufficientemente grande da potersi misurare. Tutti quegli astri che abbiamo chiamato *stelle* mancano assolutamente di parallasse. È dunque una quantità troppo piccola il raggio o il diametro terrestre a fronte della immensa loro distanza. Il sole, la luna e parecchi di quegli astri che portano il nome di pianeti hanno la propria parallasse.

Della parallasse annua.

46. La parallasse di cui abbiamo fin qui parlato dicesi *diurna* per distinguerla da un' altra che chiamasi *annua* e che pure importa conoscersi. La terra, quantunque non ce ne accorgiamo, descrive ogni anno la periferia di una estesissima elisse, da un foco della quale il sole mai non si diparte: questa è una delle cardinali verità di cui ci persuaderemo

nel corso dell' opera. Il luogo adunque in cui oggi ritrovasi la terra è distantissimo da quello in cui ritroverassi da qui ad alcuni mesi; e però un astro, benchè nel corso di questi mesi non muti posizione relativamente alle stelle, se osservato oggi appare in un certo punto della volta celeste, osservato a capo dei detti mesi dovrà apparire in punto diverso. Supponiamo infatti che il circolo *FOT* (fig. 5) rappresenti la elisse che la terra percorre in un anno. Il sole sia in *C* e siavi un astro in *S* non avente altro moto che quello che ha comune con tutta la sfera celeste. Quando la terra sarà in *O*, noi riferiremo l' astro *S* nel punto *A* della celeste volta, e quando la terra sarà venuta in *F* lo riferiremo invece al punto *D*. Chi invece l' osservasse stando nel sole in *C* lo riferirebbe continnamente al punto *B*. Questo punto *B*, che è indipendente dalle varie posizioni della terra lungo la sua orbita può riguardarsi come il *vero luogo* dell' astro *S*, e però gli astronomi hanno molta sollecitudine di determinarlo, e quando hanno precisato il luogo in cui si vedrebbe un dato astro da chi l' osservasse stando nel centro terrestre, cercano pure quale sia il luogo in cui lo vedrebbe chi lo riguardasse stando nel sole. Le distanze *AB*, *DB*, o pure gli angoli *FSC*, *OSC* chiamansi *parallassi annue* dell' astro *S* corrispondenti alle date posizioni *F* e *O* della terra.

47. La ispezione della figura insegna pure che *la parallasse annua di un dato astro è la stessa cosa che l' angolo ottico sotto cui chi fosse nell' astro vedrebbe la distanza della terra dal sole.* La parallasse annua serve e per riferire i moti degli astri al sole e per determinare la distanza dei medesimi dal sole e dalla terra. Gli astronomi giungono a conoscerla in più maniere. Quei pianeti che non hanno una parallasse diurna sufficientemente grande da potersi misurare, hanno una bastantemente grande parallasse annua. Ma le stelle, tanto ne è grande la distanza, mancano eziandìo di parallasse annua.

Come si misurino le grandezze apparenti degli astri.

48. Gli Astronomi misuranò con facilità ed esattezza la grandezza apparente degli astri, servendosi a quest' uopo di certi delicati stromenti che chiamano *micrometri* dall' officio che fanno di misurare le piccole grandezze apparenti e che imme-

stano nei cannocchiali. Io non ve li descriverò, che riuscirebbe impresa lunga e di poco utile, chè per intendere l' effetto delle macchine converrebbe averle sotto gli occhi. Voglio non ostante indicarvi come sia possibile misurare gli archi della volta celeste e quindi ancora le suddette grandezze apparenti. La sfera celeste, siccome abbiamo già esposto, una volta al giorno compie con un moto esattamente uniforme una sua rivoluzione intorno all' asse del mondo. Dunque dell' equatore e di ciascun circolo paralello all' equatore passerà al meridiano un arco di 15° ogni ora, e uno di 1° ogni 4' di tempo, e in generale la grandezza di un arco starà al tempo che impiegherà in passare al meridiano, come un' intiera circonferenza sta ad un intiero giorno. Se dunque nel telescopio congiunto ad un quadrante murale si distenderà presso al foco della lente obbiettiva un filo sottilissimo che giaccia precisamente nel piano del meridiano, questo filo traccierà la sezione del meridiano colla lente, e un punto della volta celeste esattamente culminerà, quando la sua imagine rimarrà nascosta all' occhio dell' osservatore per l' interposizione del detto filo. Ora si vuol sapere quanto è grande l' arco compreso tra due dati astri o pure quello a cui serve di corda il diametro di un certo astro e che è appunto ciò che chiamasi la grandezza apparente dell' astro stesso? Si misura con esattissimo orologio il tempo che impiega il detto arco ad attraversare il descritto filo, e da questo tempo colla notata proporzione si deduce la cercata grandezza.

Come si deducano le grandezze reali degli astri.

49. Essendo note la distanza e la grandezza apparente di un astro ne è facilissima la deduzione della grandezza reale. Sia infatti AB (fig. 6) il diametro di un astro e l' angolo ATB la nota grandezza apparente nella nota distanza BT. Risolvendo il triangolo TBA supposto rettangolo in B si avrà $AB : BT = tang\ ATB : 1$. Dunque $AB = BT \,.\, tang\ ATB$.

Gli astri in generale hanno una figura che è o esattamente o quasi esattamente sferica. Se dunque conoscete la grandezza del diametro di un astro e lo supponete sferico, colle ordinarie regole della Geometria ne potrete calcolare la superficie e la solidità.

Corrispondenza tra le distanze e le grandezze apparenti.

50. La retta linea AB (fig. 7) rappresenti il diametro di un astro. Sarà ATB la sua grandezza apparente per un osservatore collocato in T. Se questo astro splendesse invece in DC, sarebbe DTC la grandezza apparente sotto cui il medesimo osservatore T lo vedrebbe. Supposti i due triangoli ATB, CTD rettangoli in B e D, si descrivano dai loro vertici A e C col raggio AB gli archi circolari BE, DF. La TB sarà la tangente dell' angolo BAT e la DT quella dell' angolo DCT. Essendo gli angoli BAT e DCT i rispettivi complementi di BTA e DTC, la TB sarà pure la cotangente di BTA e la DT la cotangente di DTC; sarà cioè $TB : DT = cot\ BTA : cot\ DTC$. Ma le cotangenti di due angoli stanno tra loro inversamente come le tangenti dei medesimi, cioè

$$cot\ BTA : cot\ DTC = tang\ DTC : tang\ BTA,$$

e però

$$TB : DT = tang\ DTC : tang\ BTA.$$

Le grandezze apparenti degli astri sono angoli piccolissimi, ed è proprietà delle tangenti degli angoli piccolissimi di essere proporzionali agli angoli medesimi. Dunque

$$TB : DT = DTC : BTA;$$

cioè *le grandezze apparenti degli astri seguono la ragione inversa delle distanze degli astri medesimi.*

51. Questa conclusione è applicabile ancora agli oggetti terrestri intanto che hanno grandezze apparenti piccole in modo che sia sufficientemente esatta la proporzionalità tra esse grandezze e le rispettive tangenti. Questa sufficiente esattezza poi si conserva finchè gli angoli non superino i quattro o i cinque gradi. Le grandezze apparenti degli astri sono o di alcuni secondi o di pochi minuti; il sole e la luna soltanto hanno grandezze apparenti di circa un mezzo grado: ma tra questi limiti sussiste pienamente la detta proporzionalità.

52. Segue da quanto abbiamo esposto che se una volta si avrà misurato con precisione quale sia la grandezza apparente di un certo astro mentre si ritrova in una nota distanza TB, da ogni mutazione in più o in meno che di poi si scorgerà nella sua grandezza apparente si dovrà argomentare una cor-

rispondente mutazione in meno o in più nella sua distanza, e che si potrà sempre determinare per mezzo della dimostrata proporzionalità tra le distanze e le grandezze apparenti quale sia la sua novella distanza.

53. Non essendo altra cosa la parallasse orizzontale di un astro che la grandezza apparente del raggio terrestre per chi l'osservasse stando nell' astro medesimo (39), e la parallasse annua di un astro che la grandezza apparente del raggio dell' orbita terrestre per chi l'osservasse stando nello stesso astro (47), ed essendo sempre queste parallassi angoli molto piccoli, concluderemo ancora che *le parallassi diurna ed annua degli astri seguono la ragione inversa delle distanze degli astri medesimi.*

Dunque *se sarà noto quale sia la parallasse di un astro mentre risplende in una certa distanza, si potrà calcolare ancora quale ne sarà la parallasse ogni volta che sarà giunto in un' altra nota distanza qualunque.*

DEI PRINCIPALI FENOMENI CELESTI.

54. Ora che ho indicato e la maniera di fare le astronomiche osservazioni e le cause che in esse possono qualche errore apportare e i metodi di misurare e la distanza e la grandezza e le variazioni nella distanza degli astri, dalle quali cose tutte vorrei si deducesse questa importantissima conclusione che *si possono fare esatte osservazioni astronomiche e che col mezzo loro e con l' ajuto del calcolo possono ottenersi esatti risultamenti*, verrò a descrivere, come primo frutto delle altrui astronomiche fatiche, li principali fenomeni celesti.

Fenomeni delle stelle.

55. Il primo fenomeno che si presenta a chi osserva il cielo è la quotidiana rivoluzione della sfera celeste, che dovemmo descrivere in sul bel principio. Gli astri che si chiamano *stelle* in questa rivoluzione si diportano come se fossero immobilmente fisse nella volta del cielo: ciascuna infatti compie la sua rivoluzione in un tempo esattamente uguale a quello in cui la compie ogni altra, e se notate quale è in questa notte la posizione di una stella qualunque relativamente a quella di quante altre volete che le stiano d' intorno, gli scritti dei passati astronomi insegnano che questa posizione relativa era identica ancora in tutti i varj secoli scorsi da che si studia l' astronomia. Dicesi *giorno sidereo* il tempo che scorre tra due successive culminazioni di una qualsivoglia stella. Dunque *la sfera celeste impiega un giorno sidereo in compiere una sua rivoluzione*. Tutti i giorni siderei sono esattamente uguali.

56. Le stelle presentano quest' altro notevolissimo fenomeno quando si osservano col mezzo dei telescopj: nella loro grandezza apparente non ricevono mai un sensibile aumento, quantunque questi stromenti abbiano una grandissima forza; appajono anzi impiccolite e quali indivisibili punti brillantissimi e sparsi sopra un oscurissimo fondo.

Gli astronomi le sogliono classificare in istelle di prima, di seconda, di terza grandezza ecc. In ciò fare non riguardano che alla intensione dello splendore. Affinchè poi più facilmente possano distinguere stella da stella, le distribuiscono in *costellazioni*. Danno questo nome a certi gruppi di stelle, i

quali colpiscono lo sguardo dell' osservatore o per la quantità o disposizione delle stelle da cui sono formati. Ciascuna costellazione poi ebbe il nome o di qualche antico eroe o di qualche animale o di qualche usato stromento o di qualche altra cosa, e delle varie stelle costituenti una costellazione alcune ricevettero un nome proprio ed altre sono indicate con lettere o con numeri.

57. Si osserva nel cielo una lucida fascia che chiamasi *via lattea*. In essa coi telescopj si distinguono innumerabili stelle.

In varie parti del cielo si ravvisano certi luoghi lucidi, quali lucide nebbie e che vengono chiamate *stelle nebulose*. Anche queste si reputano dagli astronomi gruppi d' innumerabili stelle poste a distanza immensa da noi. Herschel col mezzo de' suoi grandi telescopj numerò 12000 stelle in una zona lunga 15° e larga 2° vicina alla costellazione chiamata *Orione*. Non essendo questa zona che la 1375.ª parte della celeste sfera, se le stelle fossero in ogni parte del cielo diffuse con la stessa copia, il firmamento ne conterrebbe 16500000. Ma in molti altri luoghi le stelle vedonsi in numero assai più grande e ciò determina a credere che ogni minuto quadrato della celeste sfera contenga almeno una stella, e quindi che il numero delle stelle visibili ascenda almeno a 148507200. Ma queste stelle non sono che le più vicine, delle più lontane non si distingue che un semplice chiarore, come avviene in alcuni luoghi della via lattea e delle nebulose, e può dirsi senza timore di esagerare che il numero delle stelle è infinito.

Alcune delle stelle che un tempo si vedevano, ora più non si vedono. Altre che in avanti non si vedevano, comparvero di poi e perciò vennero chiamate *stelle nuove*. Alcune delle stelle si vedono per qualche tempo, poi spariscono, e tornando di nuovo a comparire sembrano aver cangiato grandezza. Queste stelle si chiamano *cangianti*. Il figlio del celebre Astronomo Guglielmo Herschel qui sopra nominato estese due cataloghi di stelle che vedute ad occhio nudo sembrano una sola stella, ma che osservate coi telescopj si riconoscono essere gruppi di due o tre stelle. Ne trovò pure parecchie che sono quintuple e sestuple; ve ne sono di bianche, di rosse, di porporine, d' azzurro chiaro e d' azzurro carico, e trovansi disposte a cerchio, a corona, a triangolo e in ogni altra forma.

Alle stelle cangianti appartiene per esempio la stella detta *Algol* o *testa di Medusa* nella costellazione di *Perseo*. Questa stella per 62 ore compare come di seconda grandezza, poi decresce pel tempo di 3 ore e mezzo fin che diviene di quarta grandezza, ed allora di nuovo in egual tempo ricupera la sua grandezza primiera.

Alle *nuove stelle* appartiene quella che apparve nel 1572 in novembre nella costellazione di *Cassiopea*. Questa stella superava lo stesso *Sirio* e lo stesso giove nella vivezza della luce. Poco dopo la sua grandezza andò scemando e nel mese di marzo del 1574 svanì.

Principali fenomeni del sole. Definizioni relative ai medesimi. Giorno solare, vero e medio. Anno siderale.

58. Dicesi *giorno solare* l' intervallo di tempo che scorre tra due successivi passaggi del sole pel meridiano, cioè tra un mezzodì e il mezzodì susseguente. Questo giorno è alquanto più lungo del giorno sidereo (55). Il moto con cui il sole descrive quotidianamente le sue circonferenze circolari nella volta celeste andando da oriente in occidente è dunque meno veloce di quello delle stelle, e questa differenza è tale che in un anno le stelle fanno una rivoluzione più che il sole. La posizione del sole relativamente alle stelle non è dunque inalterabile. Esso si fa ogni giorno più presso oriente, e possiamo concepire che *mentre viene trasportato in giro da oriente in occidente pel moto che ha comune con tutta la sfera, muovasi eziandio in verso contrario da occidente verso oriente per un moto suo proprio*. E se immaginiamo due circoli di declinazione, il primo dei quali passi costantemente per una stella di nostra scelta e il secondo pel centro del sole, e partendo dal primo circolo e andando sempre in direzione opposta al moto della sfera celeste misuriamo giorno per giorno l' arco della equatoriale circonferenza interposto tra questi due circoli, ritroveremo che quest' arco cresce ogni giorno di una quantità precisamente proporzionale all' eccesso del giorno solare sopra il sidereo. Questa crescita è quasi di un grado per giorno, e di circa 30° per ogni mese. Il tempo che richiedesi acciò questa crescita divenga eguale ad un' intiera circonferenza, cioè a 360°, chiamasi *anno siderale* ed è di 365 giorni, 6 ore, 9 minuti e 12 secondi. In questo tempo il sole descrive un' in-

tiera circonferenza circolare nella volta celeste andando da occidente in oriente in direzione opposta al moto della volta medesima. Al terminare dell' anno siderale la grandezza dell' arco equatoriale interposto tra i suddetti due circoli e la posizione del sole relativamente alle stelle sono nuovamente uguali a quelle che erano al principiare dell' anno stesso. In questo tempo adunque il sole compie il suo *moto proprio*. È per causa di questo moto proprio che le stelle anticipano di due ore circa in ciascun mese il momento di loro culminazione. Quelle infatti che in questa notte culmineranno a 12 ore, da qui ad un mese culmineranno alle 10, da qui a due alle 8, da qui a tre alle 6, da qui a 6 al mezzodì ecc.

59. Se l' arco equatoriale interposto tra i suddetti due circoli crescesse con moto uniforme, poichè in un anno siderale cresce di 360°, in un giorno crescerebbe di 59' e 8", 1924. Ma invece il detto arco cresce con moto variato, e questi 59' e 8" non ne costituiscono che la crescita media, ma la vera giunge a differire sino di 2' dalla media, ed ora in più ed ora in meno. Ciò fa che l' eccesso dei giorni solari sopra i siderei non sia sempre uguale, o pure che i giorni solari abbiano durate alquanto differenti. Per questo gli astronomi nei loro computi fanno uso di due specie di giorni solari, di *giorni veri* e *giorni medj*. I primi sono il preciso intervallo di tempo che scorre tra due consecutive culminazioni del sole, i secondi sono il preciso intervallo di tempo che s' interpone tra due mezzodì quando la suddetta crescita giornaliera è precisamente uguale alla media e che costituirebbe costantemente la durata di un giorno solare se la suddetta crescita fosse sempre uniforme. La durata dei giorni solari veri, dei medj e dei giorni siderei si divide in 24 parti eguali che diconsi *ore*; le ore poi si dividono in 60 *minuti* e questi in 60 *secondi*. Le ore dei giorni solari veri differiranno generalmente da quelle dei giorni medj, e così le prime come le seconde da quelle dei giorni siderei; e lo stesso intendasi ancora dei minuti e dei secondi. Il *medio giorno solare* costituisce una unità usitatissima di tempo, essendone sempre uguale la durata. Lungo il libro useremo sempre di questa unità di tempo, come pure delle ore, dei minuti e secondi del medesimo medio giorno. Un' altra unità di tempo cara all' astronomo è il giorno sidereo. Deve anzi servirsi esclusivamente di secondi

siderali quando vuole dedurre la grandezza degli archi dei circoli celesti perpendicolari al meridiano dal tempo che impiegano ad attraversare il meridiano medesimo (48). Gli orologi poi di cui fornisce le sue specole altri sono regolati conformemente al medio giorno solare e i loro pendoli battono i secondi del giorno stesso, ed altri conformemente al giorno sidereo e i loro pendoli battono i secondi siderei. L' eccesso del medio giorno solare sopra il sidereo è 3' e 55", 91 = 235", 91 dello stesso medio giorno solare. Il medio giorno solare adunque sta al sidereo come 86400 : 86164,09.

Tempo medio. Tempo vero.

60. Un perfetto orologio avente il pendolo che batta esattamente i secondi del *medio* giorno solare, se oggi segna precisamente le 12 ore al punto che il sole passa al meridiano, nei susseguenti giorni, essendo i *veri* giorni solari quando più lunghi e quando più brevi dei *medj*, mostrerà le 12 ore o alquanto prima che il sole culmini o alquanto dopo, nè si potrà pretendere che mostri precisamente la *vera* ora solare se non dopo che sia scorso un intiero anno. Il tempo mostrato da questo orologio dicesi *tempo medio* ed è appunto quello che nelle specole astronomiche vien mostrato da quegli orologi i pendoli dei quali battono i secondi del medio giorno solare.

Nel corso di un anno il mezzodì *vero* fa quattro diverse oscillazioni intorno al mezzodì *medio*, a quello cioè mostrato dai predetti orologi, ed ecco quali. Se il mezzodì mostrato da un esatto orologio a pendolo coincide col mezzodì *vero* il giorno 23 dicembre, nei susseguenti giorni il mezzodì *vero* ritarderà sempre di più in più comparativamente al *medio* e il 1 gennajo al momento del *vero* mezzodì il detto orologio mostrerà 4' e 15", e il 10 febbrajo al momento stesso mostrerà 14' e 40". Ciò deriva dall' essere per tutto questo tratto di tempo il *vero* giorno solare più lungo del *medio*, ed il detto ritardo del mezzodì *vero* è appunto costituito dalla somma dei singoli eccessi dei giorni *veri* sopra i medj. La durata di quest' ultimo giorno è quasi esattamente uguale a quella del *medio*, e da questo stesso giorno in poi sino alla metà di aprile il notato ritardo del mezzodì *vero* scema gradatamente, il 14 aprile è di soli 9", e il giorno appresso è il mezzodì *medio* che avviene 6" dopo il *vero*. Il tardare del

mezzodì *medio* va di poi continuamente aumentando sino al 14 maggio nel qual giorno il mezzodì *vero* succede 4' prima del *medio*. La durata di questo 14 maggio è quasi esattamente uguale a quella del *medio* giorno, e da quest' epoca l' intervallo tra i due mezzodì va sempre diminuendo in modo che al 15 giugno è quasi eguale a zero. Ciò dipende dall' essere la durata dei *veri* giorni minore di quella dei medj in tutto il tempo che s' interpone tra il 10 febbrajo e il 14 maggio, e dall' essere poi maggiore di quella dei medj in tutto il tempo che s' interpone tra il 14 maggio e il 15 giugno.

Continuando ancora dopo il 15 giugno ad essere il giorno *vero* maggiore del *medio* sino al 26 luglio, nei giorni interposti tra queste due epoche il mezzodì *vero* avviene sempre dopo il *medio* e ritarda sempre di più in più sino al 26 luglio, nel qual giorno ritarda 6' e 4''. La durata di questo giorno è quasi uguale a quella del *medio*, ma essendo la durata dei singoli giorni susseguenti sino al 2 novembre più breve di quella del *medio* giorno, dopo il 26 luglio il mezzodì vero posticipa sempre di meno in meno sino al 31 agosto nel quale i due mezzodì coincidono, e di poi è il mezzodì *vero* quello che anticipa. Questa anticipazione al 2 novembre, nel qual giorno giunge al suo massimo, è di 16' e 14''. La durata di questo giorno è quasi uguale a quella del *medio*, e da quest' epoca sino alli 10 febbrajo susseguente la durata dei *veri* giorni è maggiore di quella dei medj, e quindi dopo il 2 novembre il mezzodì *vero* va quotidianamente appressandosi al *medio* in maniera che al 23 dicembre i due mezzodì coincidono, e di poi i mezzodì *veri* avvengono dopo i medj sino alla metà di aprile, come già dissi.

Il tempo in cui è massimo l' eccesso del vero giorno sopra il *medio* è quello che si frappone tra la metà di novembre e la fine di gennajo, anzi nella seconda metà di dicembre un tale eccesso è di circa 30''.

61. Sono i soli astronomi che regolano gli orologi conformemente al tempo *medio*, tutto il rimanente della società li regola conformemente al tempo *vero*. Ma un orologio esatto non può mostrare il *vero* tempo nè pure prossimamente se non per pochi giorni. Si ha dunque bisogno di correggere frequentemente le mostre degli orologi quantunque perfettissimi. Il bisogno di simili correzioni si fa poi maggiormente

sentire negli orologi ordinarj e da tasca, perchè a rendere erronee le loro indicazioni concorrono insieme con la inegualianza dei *veri* giorni e le loro imperfezioni e le molte vicissitudini a cui è soggetta la loro temperatura e posizione e i molti urti a cui sono esposti. Per fare queste correzioni bisogna ricorrere alla *meridiana* e regolare le indici degli orologi secondo le indicazioni della medesima.

Chiamasi *meridiana* una retta linea che traccia la sezione del celeste meridiano con un piano qualunque orizzontale o verticale o comunque inclinato ma che sia soleggiato in sul mezzodì, e alla quale sovrasta o un piccolo foro rotondo avente il centro nel piano del meridiano medesimo e destinato a dar passaggio ad un fascetto di luce solare la quale produca una piccola imagine del sole nel sottoposto piano, o pure da un globetto opaco avente parimente il centro nel piano dello stesso meridiano e che intercettando un fascetto di luce solare getti la sua ombra sul sottoposto piano. Atteso la proprietà della luce di progredire in linea retta, i centri del sole, del detto foro e della detta imagine del sole, come pure i centri del sole, dell' opaco globetto e della sua ombra devono costantemente ritrovarsi lungo una stessa retta linea. Dunque mentre il centro del sole culmina, ancora il centro della imagine nominata o dell' ombra predetta caderà in un punto della sottoposta meridiana, e avvertirà gli spettatori che quello è l' istante del mezzodì *vero*. Risulta da quanto esposi essere una cosa di notabile importanza una buona meridiana, e però appena indicati i primarj fenomeni solari esporrò una maniera di tracciarla.

Eclittica. Equinozj. Punti equinoziali.

62. La circonferenza circolare che il sole descrive in un anno nella volta celeste andando pel suo moto proprio da occidente in oriente chiamasi *eclittica*. Gli Astronomi ne determinano i varj punti e conseguentemente la posizione relativamente ai varj circoli della sfera notando quotidianamente quali siano le stelle a cui il sole successivamente si appressa, come pure misurando ogni giorno la declinazione del sole mentre passa pel meridiano. In questa maniera conoscono che l' eclittica è la circonferenza di un circolo massimo della sfera e che questo è inclinato all' equatore di 23 gradi e 28 minuti.

Questi due circoli massimi si dividono vicendevolmente per metà, e però una metà dell' eclittica si distende nell' emisfero boreale e l' altra nell' australe, ed il sole per conseguenza rimane sei mesi nell' emisfero boreale e gli altri sei nell' australe. Le opposte estremità del diametro comune ad ambidue questi circoli e che ne traccia la comune sezione si chiamano *punti equinoziali*; e perchè il sole passa per l' uno di questi punti il giorno 20 marzo nel quale principia la primavera e per l' altro il giorno 23 settembre nel quale principia l' autunno, chiamasi *punto equinoziale di primavera* il primo e *punto equinoziale di autunno* il secondo; e diconsi *equinozj* uno di primavera e l' altro di autunno ai passaggi del sole per questi punti. Il sole ascende dall' emisfero australe nel boreale attraversando il punto equinoziale di primavera il 20 marzo, e rimane in quest' ultimo emisfero sino al 23 settembre, nel qual giorno attraversando il punto equinoziale di autunno discende nell' australe emisfero ove rimane sino al 20 marzo. In tutto il tempo che s' interpone tra l' equinozio di primavera e quello di autunno la declinazione del sole è boreale, ed è australe nel tempo che s' interpone tra l' autunnale equinozio e quello di primavera. Ma giacendo tutti i varj punti dell' eclittica sopra uno stesso piano e questo essendo inclinato all' equatore di 23° e 28', le successive declinazioni boreali del sole andranno crescendo gradatamente dall' equinozio di primavera sino al 21 giugno, giorno egualmente distante dai due equinozj. In questo giorno la declinazione boreale del sole è massima ed è uguale alla inclinazione dell' eclittica all' equatore; e da questo giorno sino all' equinozio autunnale va gradatamente calando. Parimente da questo equinozio sino al 21 dicembre la declinazione australe del sole aumenta gradatamente. In detto giorno, che è ugualmente distante dall' uno come dall' altro equinozio, la declinazione australe è massima ed uguaglia la inclinazione dell' eclittica all' equatore, e partendo da questo giorno sino all' equinozio di primavera diviene successivamente minore.

Tropici. Solstizj.

63. Le quotidiane variazioni che osserviamo nella distanza del sole dal nostro zenit mentre passa al meridiano, come pure quelle che vediamo nelle sue amplitudini ortive ed occi-

due, e in generale nelle circonferenze che nei diversi giorni di un anno descrive nella volta celeste dipendono dalla inclinazione della eclittica all' equatore e dal suo successivo procedere lungo la eclittica stessa. Nei giorni in cui avvengono gli equinozj il sole nel suo moto giornaliero descrive una circonferenza circolare che quasi coincide con quella dell' equatore. Negli altri giorni poi le circonferenze che descrive spettano a circoli inclinati di una piccolissima quantità ai paralelli aventi una declinazione uguale a quella del sole al punto di mezzodì, eccetto le circonferenze che descrive nei giorni 21 giugno e 21 dicembre nei quali la sua declinazione è massima, le quali quasi esattamente coincidono con quelle dei due circoli paralelli aventi una declinazione uguale all' inclinazione dell' eclittica all' equatore. Questi due paralelli diconsi *tropici*, *tropico del cancro* quello di cui è boreale la declinazione e tropico del capricorno l' altro. I due tropici toccano l' eclittica in punti diametralmente opposti, e l' arco del meridiano interposto tra l' equatore e i tropici stessi è di 23° e 28'.

64. Quando la declinazione boreale o australe del sole è o quasi massima o massima, per un qualche giorno non si discerne veruna sensibile mutazione nella declinazione medesima. A questo fenomeno si dà il nome di *solstizio*. Dicesi poi *solstizio estivo* quello che succede al 21 giugno e *solstizio invernale* quello che succede al 21 dicembre. Portano pure il nome di *punti solstiziali* i due punti diametralmente opposti dell' eclittica, distanti 90° dai punti equinoziali e aventi una declinazione uguale all' inclinazione dell' eclittica all' equatore.

65. L' equatore è diviso in parti eguali dall' orizzonte, ma nei paesi nostri i circoli paralelli sono divisi in parti disuguali dall' orizzonte medesimo. I loro archi diurni nel boreale emisfero superano i notturni e tanto più, quanto più è grande la distanza dei paralelli stessi dall' equatore. Nell' emisfero australe poi gli archi diurni sono tutti più piccoli dei notturni e tanto più, quanto ne è maggiore la distanza dall' equatore. Poichè il tempo che il sole deve stare in un qualsivoglia giorno dell' anno sopra dell' orizzonte sta a quello che deve stare sotto, come la grandezza dell' arco diurno del paralello che allora descrive sta alla grandezza dell' arco notturno, per noi i giorni saranno uguali alle notti mentre il sole non ha veruna declinazione, saranno più lunghi delle notti mentre il

sole ha una declinazione boreale, e tanto più lunghi, quanto più questa declinazione sarà maggiore, e saranno più brevi delle notti mentre ha una declinazione australe, e tanto più, quanto questa declinazione sarà maggiore. Al 21 dicembre per conseguenza avremo il più breve giorno e la più lunga notte, e al 21 giugno il più lungo giorno e la più breve notte, e ai 20 marzo e 23 settembre le notti eguali ai giorni. Dal 21 dicembre poi sino al 21 giugno i giorni si faranno gradatamente più lunghi, e dal 21 giugno sino al 21 dicembre andranno un' altra volta gradatamente abbreviandosi.

Precessione degli equinozj. Anno tropico.

66. I punti equinoziali non sono fissi nella volta celeste, ma hanno un lentissimo *moto proprio* in direzione opposta al moto proprio del sole, da oriente cioè in occidente. Questo moto porta il nome di *precessione degli equinozj*; non è uniforme, ma la sua quantità media è circa 50" per ogni anno, e quindi di circa 1° e 24' per ogni secolo. Se ora per esempio il punto equinoziale di primavera coincide con una certa stella, da qui ad un anno s' interporrà un arco dell' eclittica di circa 50" tra il detto punto e la stella medesima, e da qui ad un secolo un arco di 1° e 24'. Ma se questi punti equinoziali si portano sempre più verso occidente, il sole in ogni sua rivoluzione raggiungerà prima i punti equinoziali che non le stelle con cui i detti punti coincidevano nei precedenti equinozj; e poichè avrà toccato il punto equinoziale di primavera per esempio, dovrà percorrere ancora l' arco di circa 50" prima di congiungersi con la stella con la quale coincideva il punto medesimo un anno prima. Dicesi *anno tropico* il tempo che scorre tra due successivi equinozj di egual nome. Questo anno deve dunque essere più breve dell' anno siderale, e il medio eccesso di questo sopra quello deve essere uguale al tempo che il sole impiega a percorrere un arco di eclittica di 50". Il sole che percorre tutta l' eclittica in 365 giorni, 6 ore, 9 minuti e 12 secondi, a percorrerne 50" impiega 20' e 20", 4 di tempo. L' anno tropico adunque sarà di 365 giorni, 5 ore, 48' e 51", 6 = giorni 365, 242264.

Stagioni. Anni civili.

67. Risulta dai numeri precedenti che la lunghezza dei giorni e delle notti dipende dalla posizione del sole relativa-

iente all' equatore. Dunque ancora le stagioni dipendono dalla
osizione medesima, giacchè sono i giorni lunghi che ci ad-
ucono la state e le lunghe notti che ci apportano l' inverno.
lella vita civile diamo il nome di *anno* ad una completa rivo-
izione delle quattro stagioni, primavera, state, autunno e
iverno. Dunque l' anno civile dovrà essere esattamente uguale
i durata all' anno tropico. Nella pratica non potendosi fare
li anni civili se non di intieri giorni, e d' altronde non es-
endo necessario che i singoli anni civili siano esattamente
guali ai tropici, e bastando che la durata di un piccolo nu-
iero di anni civili abbia una durata eguale a quella di un
guale numero di anni tropici, di 400 anni civili se ne fanno
03 di 365 giorni, e questi diconsi *anni comuni*, e 97 di
66 giorni, e questi diconsi *anni intercalari*, e questi ultimi si
inno alternare coi primi conformemente alla seguente regola:
*no intercalari tutti gli anni che hanno un millesimo esattamente
visibile per 4, eccetto gli anni secolari dei quali sono intercalari
ei soli che hanno un millesimo esattamente divisibile per 400, e
tti gli altri sono comuni*; e così si ottiene che la durata dei
ngoli anni civili differisca di poche ore da quella di un anno
opico, la durata di 4 anni civili non superi che di circa 42'
uella di 4 anni tropici, e finalmente che la durata di 400 anni
ivili equivalga quasi esattamente a quella di 400 anni tropici.

Circoli polari. Coluri.

68. Si chiamano *poli dell' eclittica* i due punti diametralmente
pposti della sfera celeste nei quali si concepisce che abbia
 sue estremità l' asse dell' eclittica. La distanza dei poli
ell' eclittica dai poli del mondo è uguale alla obbliquità del-
eclittica all' equatore, cioè a 23° e 28', e la declinazione
ei medesimi è = 66° e 32'. I circoli paralelli all' equatore
he questi poli nella quotidiana rivoluzione della sfera descri-
ono si dicono *circoli polari*, *artico* quello che ritrovasi nel-
emisfero boreale, e *antartico* l' altro.

69. Il circolo di declinazione che passa per li due punti
quinoziali chiamasi *coluro degli equinozj*, e chiamasi *coluro dei
lstizj* un altro circolo di declinazione che passa per li poli
ell' eclittica e per li punti solstiziali.

Ascensione retta. Longitudine. Latitudine.

70. Dicesi *ascensione retta* di un astro l' arco dell' equatore,

interposto tra il punto equinoziale di primavera e il circolo di declinazione, che passa per l' astro medesimo. I gradi del detto arco si numerano partendo dal punto equinoziale e andando da occidente in oriente. Quanto più è grande l' ascensione retta di un astro, più è il tempo che s' interpone tra il passaggio pel meridiano del suddetto punto equinoziale e il passaggio dell' astro medesimo. Ogni grado di ascensione retta aumenta questo tempo di 4 minuti siderei.

71. Dicesi *longitudine* di un astro o di un punto qualunque della sfera all' arco dell' eclittica interposto tra il punto equinoziale di primavera e un circolo massimo perpendicolare all' eclittica e che passi pel suddetto astro o punto. Ancora i gradi del detto arco si numerano partendo dal punto equinoziale e andando da occidente in oriente. Ai circoli massimi perpendicolari all' eclittica si dà il nome di *circoli di latitudine*, perchè i loro archi che s' interpongono tra l' eclittica e il centro degli astri misurano la distanza perpendicolare degli astri dall' eclittica, la quale distanza chiamasi *latitudine*.

Zodiaco. Segni celesti.

72. Si chiama *zodiaco* una fascia o zona della celeste sfera, di una larghezza di 18 o 20 gradi e avente nel suo mezzo l' eclittica. Risplendono in questa zona quelle costellazioni che si dissero *segni celesti* e che portano i seguenti nomi e si indicano coi caratteri che poniamo dopo i rispettivi nomi: *ariete* ♈, *toro* ♉, *gemelli* ♊, *cancro* ♋, *lione* ♌, *vergine* ♍, *libra* ♎, *scorpione* ♏, *sagittario* ♐, *capricorno* ♑, *acquario* ♒, *pesci* ♓. I seguenti versi comprendendone i nomi possono servire per la memoria:

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.

Vedremo poi che ora le nominate costellazioni non più sono la medesima cosa che li dodici segni celesti. Di questi i primi sei si trovano nell' emisfero boreale e nell' australe gli altri, e però diconsi *boreali* i primi e *australi* i secondi.

73. Alcune rare volte avviene un oscuramento parziale o totale della faccia solare. Questo fenomeno porta il nome di *eclisse solare*, e siccome risulta da altre osservazioni, è causato dallo interporsi della luna in suo passaggio tra il disco solare e noi. Simili oscuramenti ma molto più piccoli e non discer-

nevoli se non col mezzo dei telescopj si osservano ancora quando mercurio e venere, che sono due pianeti, s'interpongono tra il sole e la terra. Quest' ultimo fenomeno chiamasi *passaggio di mercurio o di venere sotto il disco solare.*

74. La grandezza apparente del sole è soggetta a variare. Alla fine di dicembre è massima, e alla fine di giugno è minima. Va poi gradatamente scemando nei primi sei mesi dell' anno, e crescendo negli ultimi sei.

75. Osservando il sole con un telescopio avente la lente oculare accompagnata da un vetro annerito il quale diminuisca il soverchio chiarore, nella superficie solare si scorgono alle volte delle nere macchie ora più ed ora meno grandi e molte volte accompagnate da una specie di nebbia biancastra. Queste macchie si muovono sulla faccia solare da oriente in occidente in direzioni fra loro quasi paralelle. Spesse volte decrescono e spariscono dopo alcuni giorni. Alle volte attraversano tutta la faccia solare dal margine orientale all' occidentale, impiegando in questo moto dai 12 ai 13 giorni. Giunte al margine occidentale spariscono e dopo 14 giorni circa nuovamente compajono nel margine orientale. Queste macchie appajono sempre meno larghe, presso i margini che nel mezzo del disco solare. Alle volte una macchia si divide in molte più piccole le quali poi spariscono prima di pervenire al margine verso cui erano dirette. Si osservano inoltre nel sole certi tratti maggiormente lucenti del rimanente di sua superficie e che vengono detti *fiaccole solari.*

Della maniera di tracciare le Meridiane.

In questo paragrafo esporrò un modo di tracciare le meridiane con una sufficiente esattezza.

76. Rendete perfettamente piana la superficie di una tavola rettangolare, lunga circa 3 piedi e larga 2. Alla metà di uno de' suoi lati maggiori ergete verticalmente una o due colonnette dell' altezza di circa un piede e mezzo, e alla sommità di queste attaccate stabilmente una piastra metallica, grossa sufficientemente per resistere senza piegarsi agli urti a cui potesse andar soggetta, d' un diametro di circa mezzo piede e avente aperto nel suo centro un piccolo pertugio circolare di un diametro di due linee, e fate che la faccia superiore di questa piastra sia paralella a quella della sottoposta tavola.

Il giorno del solstizio estivo o pure i due o tre che immediatamente lo seguono sono i più opportuni per tracciare con facilità ed esattezza le meridiane. Al giungere adunque di quest' epoca collocate in maniera la preparata tavola che abbia la sua superficie superiore stabilmente e precisamente orizzontale, rivolga verso mezzodì il lato da cui ergesi la colonnetta e sia pienamente soleggiata almeno dalle 9 del mattino alle 3 pomeridiane. Collocata che così l' abbiate, per mezzo di un delicato filo a piombo e usando ogni possibile diligenza determinate sulla tavola il punto che verticalmente sta sotto al centro del pertugio della lastra metallica. Questo è uno dei punti della meridiana che v' accingete a tracciare e l' esattezza della medesima dipende in gran parte dalla esatta determinazione di questo *punto verticale.*

Alla retta linea verticale che si concepisce estendersi dal centro del nominato pertugio al detto punto verticale dicesi *gnomone*, seguendo la maniera degli antichi che davano un tal nome ad ogni retta linea perpendicolare. Si chiama quindi *piede del gnomone* il suddetto punto verticale, *vertice del gnomone* il centro del pertugio e *altezza del gnomone* alla distanza tra questi due punti.

Prendete ora un *fedele* compasso, e usando come raggio una retta presso a poco eguale all' altezza del gnomone e come centro il piede del gnomone descrivete sulla tavoletta con l' acuta punta del compasso un arco circolare prossimamente uguale a un semicerchio; poi prendendo per raggi rette gradatamente minori e usando sempre come centro il piede del gnomone, descrivete ancora in egual modo tre o quattro altri semicerchi.

Fatte tutte queste preparazioni, la mattina del giorno destinato a tracciare la meridiana, che suppongo sia il 21 giugno, vi porterete in sulle 9 ore ad osservare l' andamento della piccola imagine solare che vien formata sulla tavola dal fascetto di luce che attraversa il pertugio della lastra metallica. Questa imagine verrà dal lato occidentale della tavola ad appressarsi ai descritti semicircoli, e attraversandone la circonferenza, prima del maggiore, poi successivamente ancora dei susseguenti, entrerà nei medesimi. Voi dovrete con esattezza scrupolosa notare con un tratto sottile di matita o meglio con un leggier taglio di temperino il punto in cui il

centro di essa imagine attraversa la circonferenza di ciascun semicircolo. A un tal punto dicesi *punto di luce*. Questa imagine solare non uscirà dai semicircoli attraversandone la circonferenza dal lato orientale se non dopo il mezzodì; anzi il tempo che scorre tra il mezzodì e l'istante che esce da un dato semicircolo è uguale precisamente a quello che scorse da che entrò nel semicircolo stesso sino al punto di mezzodì. Voi all' appressarsi dell' ora in cui la detta imagine uscirà dai semicircoli dovrete rimettervi in azione e con ogni esattezza notare i punti per li quali il centro dell' imagine stessa esce dai singoli semicircoli. Rimane ancora a farsi una operazione importantissima e che dimanda tutta la vostra diligenza: tra i due *punti di luce* che notaste in ogni semicircolo distendesi un arco. Questo devesi esattamente dividere per metà, e ciò farete servendovi di alcuno dei rigorosi metodi che la Geometria insegna e di un fedele compasso e di un rettissimo regolo. Se voi avrete esattamente fatte tutte le prescritte operazioni, la retta condotta dal piede del gnomone al punto di mezzo di alcuno dei detti archi dovrà passare ancora pel punto di mezzo di ciascuno degli altri, e questa retta protratta indefinitamente sarà la meridiana che intendevate tracciare.

Segue dall' esposto metodo potersi ottenere l'intento ancora con un solo dei quattro o cinque semicircoli che prescrissi. Dirò quindi i motivi per cui non ostante giova usarne tanti. È cosa molto facile che qualche accidente impedisca di poter segnare ambidue i *punti di luce* sopra un dato semicircolo. Se dunque se ne usa un solo, si corre rischio di non ottenere per quel giorno l'intento, il qual rischio viene notabilmente diminuito dalla pluralità dei semicircoli, poichè se non sopra tutti, almeno sopra alcuni è probabile che si possano segnare i due richiesti *punti di luce*. Inoltre è cosa difficile che tutte le operazioni sopra i singoli semicircoli siano condotte con esattezza e forse nessuna lo è con esattezza rigorosa. Non si hanno adunque se non gradi di probabilità intorno alla giustezza e precisione della meridiana che si traccia, e il maggiore o minor numero di questi gradi si deduce dal maggior o minor numero dai suddetti punti di mezzo cadenti lungo una medesima retta linea. Se vi cadono tutti, il numero di questi gradi ha tutta quella grandezza che si può deside-

rare, se vi cadono solamente in parte, il numero dei gradi medesimi diviene proporzionatamente minore: si ritiene non ostante questa retta come meridiana, purchè il numero dei suddetti punti che vi cadono superi il numero di quei che non vi cadono. Qualora poi i varj punti di mezzo si vedessero distanti dall' appartenere ad una stessa retta, bisognerebbe con più diligenza il giorno appresso tutte le varie operazioni rifare. Se poi una tale distanza è piccolissima, ecco come allora si fa: si prende per meridiana una retta linea che partendo dal piede del gnomone abbia una direzione media tra quella delle varie rette condotte dal punto stesso ai singoli punti di mezzo, e una meridiana così determinata se non sarà rigorosamente esatta, sarà molto prossima ad esserlo.

Il sole nella sua quotidiana rivoluzione da oriente in occidente procede con un moto che considerato in un dato giorno qualunque deve dirsi uniforme. In questo moto si avanza di 15° in ogni ora del giorno *vero* e all' istante del mezzodì *vero* ritrovasi alla sua massima altezza sopra l' orizzonte. Quando la circonferenza che il sole descrive in quel giorno è inclinata all' equatore, siccome lo è d' ordinario (63), il sole al momento del mezzodì *vero* ritrovasi sensibilmente alla metà del suo arco diurno; quando poi la detta circonferenza spetta ad un circolo *parallelo* all' equatore, come verificasi nei giorni solstiziali (64), al punto del vero mezzodì ritrovasi esattamente alla metà del suo arco diurno. In questi giorni solstiziali inoltre ambidue le metà dell' arco diurno, tanto la orientale, quanto la occidentale, sono in tutta la loro estensione ugualmente e similmente disposte relativamente allo zenit e al meridiano. Dunque in questi giorni medesimi varieranno in eguale ragione le distanze del sole dallo zenit e dal meridiano, e ad eguali distanze dallo zenit, corrisponderanno eguali distanze dal meridiano. Conducete ora dal piede del gnomone una retta linea a ciascuno dei due *punti di luce* che segnaste sopra uno qualunque di quei semicircoli. Queste due rette che sono eguali perchè raggi di uno stesso circolo, sono le tangenti degli angoli che nell' istante che segnaste ciascuno di quei punti di luce formava col gnomone la retta linea che partendo dal centro del sole e passando pel vertice del gnomone veniva ad incontrare lo stesso punto di luce; i quali angoli per conseguenza misurano la distanza in cui ritrova-

vasi il sole dallo zenit nell' istante medesimo. Ma a tangenti eguali corrispondono angoli eguali. Dunque quando i due punti di luce attraversavano nei due notati punti la circonferenza del suddetto semicircolo, il sole era egualmente distante dallo zenit, e quindi egualmente distante dal meridiano. Ma se il sole è ugualmente distante dal meridiano quando i due punti di luce sono egualmente distanti del piede del gnomone, è cosa evidente che ancora la meridiana debba passare a eguale distanza da ognuno dei medesimi due punti di luce. Ciò rende ragione della maniera insegnata di tracciare la meridiana, e del perchè se la debba tracciare nei giorni solstiziali. Negli altri giorni dell' anno la declinazione del sole non si conserva sensibilmente uguale dalla mattina alla sera, e però la posizione dei *punti di luce* non più dipenderebbe dalla sola distanza del sole dal meridiano. Non ostante chi non vuole che una meridiana prossima all' esattezza, la potrà tracciare con l' esposto metodo in qualsivoglia giorno, perchè questa variazione nella declinazione solare non può apportare l' errore di un minuto di tempo nella meridiana medesima.

Tracciata che abbiasi una meridiana in un piano orizzontale, se ne può con facilità tracciare una ancora in un piano verticale qualunque, purchè sia a solatìo in sul mezzodì, ed eccone il modo. S' infigge in questo piano in direzione orizzontale uno stelo metallico d' un' arbitraria lunghezza e terminato in un piccolo globetto o pure portante una larga piastra metallica fornita di un piccolo pertugio circolare nel suo mezzo e avente una posizione sensibilmente parallela all' equatore. Poi in sul mezzodì di un giorno qualunque si segna con esattezza rigorosa su quel piano il punto in cui cade il centro dell' ombra del globetto o pure il centro dell' imagine solare nell' istante che la meridiana orizzontale segna il mezzodì. Per segnare questo punto nel preciso istante del mezzodì, destinate un' attenta persona a fare un convenuto segnale nell' istante che vede la meridiana orizzontale indicare il mezzodì, e voi state con la matita in mano presso lo stelo per segnare il suddetto punto nell' atto che sentite il segnale medesimo. Segnato questo punto, più altro non resta a fare che a condurre pel punto medesimo una retta linea verticale. Ciò farete determinando col mezzo di un sottile e lungo filo a piombo un altro punto che sia situato verticalmente al di

sotto del primo e conducendo tra questi due punti, col mezzo di un rettissimo regolo una retta linea la quale sarà verticale. Questa retta linea prolungata indefinitamente è la meridiana che s' intendeva tracciare, e il centro dell' ombra del globetto o pure dell' imagine solare cadendo sopra qualche punto di questa linea segnerà sempre l' istante del mezzodì *vero* (62).

Principali fenomeni della Luna.

77. La luna, oltre il moto comune a tutta la sfera celeste e diretto da oriente in occidente, è al pari del sole dotata di un *moto proprio* diretto da occidente in oriente. Essa infatti leva ogni giorno più tardi, e questo suo quotidiano ritardo non è così piccolo come quello del sole, ma di circa 50 minuti. Quindi ogni giorno passa al meridiano con istelle diverse da quelle con cui passava il giorno precedente, e dopo 27 giorni, 7 ore, 43' e 11" culmina con quelle stelle medesime con cui culminava prima di detto tempo; nel quale per conseguenza compie il suo *moto proprio*, descrive cioè nella volta del cielo una intiera circonferenza di un circolo massimo in direzione opposta a quella del moto diurno della sfera celeste. Questo tempo chiamasi *mese siderale* o *rivoluzione siderale della luna.*

Una volta ogni mese la luna si fa *piena*, come si dice, e allora ci sembra un disco circolare tutto rilucente. Ma conserva questa sua pienezza per poco tempo, e se la vede tosto gradatamente scemare nella parte rivolta verso occidente. Dopo sette giorni non ha più che la forma di un piano semicircolare, poi si riduce a quella di una lucida falce, quindi sparisce totalmente. Poco dopo un' altra volta nel margine occidentale s' illumina, e presenta prima l' aspetto di una lucida falce, poi di un piano semicircolare e finalmente di un disco tutto lucente.

La luna presenta tutti questi cambiamenti di aspetto i quali diconsi *fasi* nell' intervallo di tempo, che chiamasi *lunazione* o *mese sinodico* e che è di 29 giorni, 12 ore, 44' e 3". Dicesi *novilunio* alla fase e al tempo in cui la luna è affatto invisibile per causa della totale sua perdita di lume, e *plenilunio* alla fase e al tempo in cui si mostra lucente in tutta la sua pie-

nezza. In tutto il tempo che scorre tra il novilunio e il plenilunio dicesi che *la luna cresce* e in tutto quello che scorre tra il plenilunio e il novilunio che la *luna cala*. Quando la luna *crescente* si presenta come un piano semicircolare, diciamo che è nella *prima quadratura* o che *fa il primo quarto*. Quando poi la luna *calante* si presenta ancora come un piano semicircolare, diciamo che è nell'*ultima quadratura* o che *fa l' ultimo quarto*. La parte lucente della luna è sempre quella che è rivolta verso il sole.

78. La circonferenza circolare che in una sua rivoluzione la luna descrive nella volta celeste è inclinata all' equatore e dal medesimo divisa in due metà. Ma tale inclinazione è soggetta a grandi cambiamenti e varia tra li 18° e 10' e li 28° e 46'. Ciò fa che si alteri notabilmente di giorno in giorno la declinazione della luna e quella degli archi diurni che dessa descrive nella quotidiana rivoluzione della sfera; come pure che le dette declinazioni spettanti ai singoli giorni di una sua rivoluzione siderale siano differenti da quelle dei corrispondenti giorni delle successive siderali rivoluzioni. Per ciò il tempo che la luna sta sopra l' orizzonte varia notabilmente di giorno in giorno e di rivoluzione in rivoluzione, dipendendo dalla declinazione la grandezza degli archi diurni e degli archi notturni (11). Confrontando poi quotidianamente l' ascensione retta del sole con quella della luna e l' ora del culminare di questa con l' ora del culminare di quello, si conosce che nel tempo del novilunio hanno ambidue una uguale ascensione retta, e quindi ambidue culminano contemporaneamente; che la luna, ritardando ogni giorno di circa 50' il suo culminare, nella prima quadratura ha un' ascensione retta che supera di 90° quella del sole e che culmina 6 ore più tardi del medesimo; che nel plenilunio ha un' ascensione retta di 180° maggiore di quella del sole e che culmina 12 ore dopo lo stesso, cioè al punto di mezzanotte, e che finalmente nell' ultima quadratura culmina 18 ore dopo il sole avendo un' ascensione retta maggiore di quella del sole di 270°. Si conosce parimente che se la luna ed il sole non avessero veruna declinazione o pure ne avessero una eguale, spazj di tempo eguali rispettivamente a quelli che s' interpongono tra il culminare del sole e il culminare della luna, s' interporrebbero in ognuna delle notate epoche ancora tra il sorgere o tramontare del-

l' uno e il sorgere o tramontare dell' altra. Ma essendo generalmente diversa la declinazione solare dalla lunare, lo spazio di tempo che in una data fase si frappone tra culminazione e culminazione differisce il più delle volte da quello che scorre tra orto e orto o tramonto e tramonto, e non costituisce che la media durata di quello che nelle varie rivoluzioni lunari scorre tra il sorgere o tramontare del sole e il sorgere o tramontare della luna. In avvenire per più brevità non indicheremo che con questi medj intervalli il tempo che si frappone tra il sorgere o tramontare del sole e il sorgere o tramontare della luna, supponendo che così l' uno che l' altra percorrano la circonferenza equatoriale.

79. Nel tempo del plenilunio viene alle volte oscurata o in tutto o in parte la faccia lunare. Mentre questo oscuramento non è totale, la linea che supera la parte lucida della luna dalla parte oscurata è sempre un arco circolare avente la sua concavità rivolta verso la medesima parte oscurata. Questo fenomeno chiamasi *eclisse della luna.*

80. Si scorgono nella luna varie macchie di diversa grandezza e forma. Alcune si scorgono ancora ad occhio nudo, altre solamente con l' ajuto dei telescopj. Molte appariscono distintamente quali promenze ed altre quali concavità. Le parti elevate gettano l' ombra dal lato opposto al sole. Alcune macchie hanno un margine elevato e distintamente lucido e si direbbero rassomigliare ai crateri dei nostri vulcani ardenti.

81. Le macchie che una volta si scorgono nel disco lunare si scorgono generalmente ancora qualsivoglia altra volta si rivolga al disco stesso un cannocchiale. La posizione però di queste macchie relativamente al centro e alla circonferenza di esso disco è soggetta a qualche piccola mutazione, come pure le macchie vicinissime alla circonferenza ora spariscono, ora ricompariscono. Tutte queste mutazioni però non sono che quali essere dovrebbero se la luna fosse una sfera e avesse il proprio asse soggetto a fare qualche piccola oscillazione; e perciò questo fenomeno, da Galileo che pel primo l' osservò, ebbe il nome di *Librazione lunare.*

Principali fenomeni dei Pianeti.

82. Il sole e la luna non sono i soli astri dotati di un *moto proprio* oltre di quello che hanno comune con tutta la sfera celeste, ma ve ne sono ancora altri pochi che oltre il detto moto comune hanno eziandìo un moto proprio. Questi astri non si mostrano che nello zodiaco o vicino allo stesso, e il loro moto proprio appare assai strano. Poichè *ora da occidente s' avanzano come il sole e la luna verso oriente, ora rimangono stazionarj, ora si vedono retrogradare da oriente verso occidente, e in questi moti si mostrano dotati ora di una maggiore ed ora di una minore velocità.* Fu per questo che ebbero il titolo di *stelle erranti* o di *pianeti.* Sin ora in cielo non se ne conobbero che i seguenti dieci, *Mercurio*, *Venere*, *Marte*, *Giunone*, *Cerere*, *Pallade*, *Vesta*, *Giove*, *Saturno* e *Urano.*

83. Se si osservano questi pianeti col mezzo dei telescopj, compariscono notabilmente più grandi che ad occhio nudo, e sopra le loro facce si discernono alcune macchie che si muovono nella maniera stessa che quelle del sole. Inoltre quello che si chiama *Saturno* è cinto di un *anello* il quale è una grande zona circolare avente nel centro il pianeta e tutta staccata dal medesimo. Se per osservare questo anello si usano ottimi telescopj, se lo ravvisa formato di due separati anelli.

84. In alcuni Almanacchi s' indicano i tempi in cui si possono vedere i singoli pianeti e le costellazioni nelle quali si trovano. Ancora senza tale sussidio sarà facile a chiunque il distinguere Venere, essendo l' astro il più lucido dopo la luna e non apparendo mai molto distante dal sole, ora precedendolo vicino all' alba ed ora seguendolo la sera. Nel primo di questi casi Venere si chiama anche *Lucifero*, e nel secondo *Espero.* Mercurio si potrà distinguere per la sua grandissima vicinanza al sole, benchè molte volte questa vicinanza impedisca di discernerlo involgendolo nei raggi solari. Giove è uno dei più lucenti astri e la sua luce è vivacissima. Marte ha una luce rossiccia; quella di Saturno è alquanto pallida: tutti e due però appajono come bellissime stelle. Giova inoltre sapere a questo proposito che la luce dei pianeti, a differenza di quella delle stelle, non è tremola.

85. In Mercurio, Venere e Marte col mezzo dei telescopj si distinguono *fasi* analoghe a quelle della luna. Ancora in queste fasi la parte illuminata del pianeta è quella che è rivolta verso il sole.

Fenomeni dei Satelliti.

86. Se con l' occhio armato di eccellente cannocchiale si osservano replicatamente i tre pianeti giove, saturno e urano, si apprende che dessi sono costantemente accompagnati in tutti i loro moti da alcuni piccoli astri, il 1.° da quattro, il 2.° da sette e il 3.° da sei. Questi piccoli astri ora si scorgono dal lato orientale del pianeta e ora dall' occidentale. Passano dunque da questo a quello e da quello a questo. Mentre si portano dall' orientale lato all' occidentale passano sotto il disco a noi rivolto del pianeta e pare lo attraversino, e mentre dal lato occidentale ritornano all' orientale passano al di sopra del pianeta medesimo. Se in quest' ultimo passaggio giungono in sito tale che si trovi interposto il pianeta tra essi ed il sole, ciò che occorre il più delle volte, noi li perdiamo di vista fino al momento che cessa questa interposizione. Questi piccoli astri ebbero il nome di *satelliti* o *pianeti secondarj*.

Fenomeni delle Comete.

87. Compariscono alle volte certi corpi nel cielo che mostrano aver di comune coi pianeti un *moto proprio*, ma che non restringono i loro moti nel solo zodiaco, ma li estendono a luoghi diversissimi della sfera celeste. Questi corpi inoltre sono sempre accompagnati da una certa striscia luminosa e somigliante ad una coda o chioma, più o meno lunga e larga e rivolta verso la plaga opposta al sole. Questi corpi si chiamano *comete*. Col mezzo dei telescopj in molte comete si può distinguere dal luminoso involucro il loro corpo solido che suol chiamarsi *nucleo*. Una cometa, quando dispare, d' ordinario non apparisce più se non dopo lunghissimo tempo. Il numero delle comete non ci è noto: sappiamo soltanto che è molto grande e forse di più migliaja.

Della figura della Terra.

88. Ora che ho fatto conoscere al mio Giovane Lettore i principali fenomeni celesti, per aprirmi la strada ancora a spiegarglieli, comincerò a trattare della figura e delle dimensioni della terra, indi esporrò il *sistema di spiegazione* chiamato *Copernicano* il quale serve mirabilmente allo scopo e che per unanime consentimento di tutti gli Astronomi che fiorirono dopo il risorgimento della buona Filosofia, niente contiene d' ipotetico ed è la pura ed esatta esposizione dello stato reale del cielo. Questa verità si dimostrerà a suo luogo: intanto in prova della medesima basti sapere che *ammessa la figura sferica della terra e le proposizioni di questo sistema si spiegano colla massima semplicità e si predicono colla massima esattezza tutti i fenomeni che si osservano in cielo.*

Fatti che mostrano essere la Terra sferica.

89. A quelli che dai nostri paesi s' innoltrano verso settentrione appariscono sempre più elevate sopra l' orizzonte la stella polare e qualunque altra delle stelle circonvicine. A quelli al contrario che vanno verso mezzodì, le suddette stelle compariscono ognor più basse e s' innalzano ognor più sopra il loro orizzonte quelle dell' emisfero australe. Incominciano pur presto a vederne di quelle che prima non avevano mai veduto, e se s' innoltrano oltre l' equatore, non vedono più la stella polare e le altre che la circondano.

90. Per ispiegare questo fenomeno fa d' uopo ammettere la curvatura della superficie terrestre da settentrione a mezzodì. Se la superficie terrestre fosse piana, sarebbe bensì possibile questo fenomeno, ma un osservatore dovrebbe percorrere uno spazio maggiore di quello che uomo non ha mai percorso per far cambiare anche di un solo grado la distanza di una qualsivoglia stella dal suo zenit. Dimostriamo questa verità. Se la terra da settentrione a mezzodì è sferica, il circolo *ABO* (fig. 8.ª) potrà rappresentarne un meridiano, e se è piana, la sezione di sua superficie con un celeste meridiano potrà rappresentarsi dalla retta *DOE* tangente del suddetto circolo nel punto *O*. Siavi in questo punto comune al circolo

e alla retta DE un osservatore e in S una stella. Essendo OZ la verticale dell' osservatore, l' angolo SOZ misurera la distanza della stella dallo zenit di esso osservatore, e il viaggio che costui dovrebbe fare acciò la stella corrispondesse al suo zenit sarà rappresentato dall' arco OB nel caso della terra sferica e dalla retta OD nel caso della terra piana. Sono differentissimi questi due intervalli, e il primo è piccolissima cosa a fronte del secondo, il valore del quale si può determinare risolvendo il triangolo rettangolo ODS di cui si conosce l' angolo SOD che è il complemento dell' angolo SOZ che misura la distanza dell' astro dallo zenit e l' ipotenusa SO la quale, siccome vedremo (362), è certamente maggiore di 17 bilioni di miglia italiane. Con questa risoluzione otterrete : $1 : cos.\ SOD = SO : DO$. Dunque $DO = SO\ cos.\ SOD = SO\ sen.\ SOZ$. Date a SO il detto valore di 17 bilioni di miglia; se fate $SOZ = 5°$, essendo $sen.\ 5° = 0,08715$, avrete $DO = 1481630000000$ miglia, e se fate $SOZ = 1°$, avrete ancora $DO = 296650000000$ miglia. Ora la sperienza insegna che un viaggio di 300 miglia diretto conformemente ad un meridiano basta nel caso di $SOZ = 5°$ e uno di sole 60 nel caso di $SOZ = 1°$ per avere la tale stella al proprio zenit. Dunque il supposto osservatore non percorre la retta OD, ma il piccolissimo arco OB. Dunque da mezzodì a settentrione la superficie terrestre è curva.

91. Se alcuno con esatto orologio si avanza verso oriente, a lui il sole spunta più presto ogni giorno. Dunque la superficie terrestre è curva anche da occidente in oriente. Se infatti non fosse tale, il sole dovrebbe nascere nello stesso istante per tutta la terra.

92. A quei che dal mare si appressano alle spiagge, gli oggetti terrestri non si affacciano tutti intieri in un sol punto, ma in prima le sommità, indi le parti di mezzo e finalmente le più basse, il che non potrebbe avvenire se la superficie delle acque non fosse convessa. Ma se sono convesse le superficie delle acque, non si trovano adunque sopra uno stesso piano le superficie delle varie spiagge di un dato continente nè le superficie dei varj continenti. Anche la nave che si accosta al lido non si scorge tutta intiera al primo momento, ma prima se ne scorgono le antenne e le vela e finalmente la prora. Nè succede diversamente a colui che viaggia in ter-

ra ferma. Degli oggetti a cui si appressa prima scorge le sommità, indi successivamente in ragione che ne scema la distanza anche le parti inferiori. E quando si allontana da un oggetto, prima ne perde di vista le parti inferiori, e poi al crescere della distanza anche le superiori. La figura 9.ª rischiara la cosa. *AOB* rappresenti un arco della terrestre superficie supposta sferica; in *A* si trovi un naviglio e in *B* un monte. E' manifesto che nè questo nè quello possono essere intieramente veduti dallo spettatore in *O* per causa della convessità *AOB*. Se la terra al contrario fosse un piano *DOC*, e il monte fosse in *C* e la nave in *D*, se ne scoprirebbero dall' osservatore in *O* tutte le parti, come che impiccolite per effetto della distanza.

Un monte di cui l' altezza è circa un mezzo miglio scompare alla distanza di 30 miglia. Se la terra fosse piana, anche alla distanza di 400 miglia si potrebbe vedere coi telescopj, poichè in questa distanza si vedrebbe ancora sotto un angolo visuale maggiore di 4'. Infatti sia *AB* (fig. 6.ª) l' altezza del detto monte e *TB* la sua distanza. Risolvendo il triangolo *ABT* supposto rettangolo in *B* si ha: $Tang\ ATB : 1 = AB : BT$. Ponendo invece di *AB* il suo valore che è un mezzo miglio cioè 0, 5 e invece di *BT* il numero delle miglia che rappresenta cioè 400, si ha: $Tang\ ATB : 1 = 0,5 : 400 = 0,00125 : 1$. Adunque $Tang\ ATB = 0,00125$, ma questo è il valore della tangente dell' arco di 4' e 17''.

93. Si fecero intorno a tutta la terra molte navigazioni. Queste non sarebbero possibili se non fosse sferica.

94. Apprenderemo che gli eclissi lunari derivano dall' ombra della terra (211). Se accade che la luna in suo corso incontri la detta ombra, a proporzione che vi s' immerge rimane eclissata. Ma l' osservazione insegna che l' ombra stessa sul disco lunare è sempre terminata da un arco circolare (79). Il contorno dell' ombra terrestre ha dunque costantemente la figura circolare: ma ciò non sarebbe possibile se la terra non fosse sferica.

95. I monti e le valli sembrano in certa maniera che formino una obbiezione alla rotondità della terra. Ma queste ineguaglianze se si mettono a paragone colla vastità del globo compajono tanto piccole da potersi trascurare. L' al-

tezza infatti dei monti più elevati è minore di una millesima parte del raggio terrestre. Serva d' esempio il Chimboraco che si reputa il più alto. La sua altezza è circa 19300 piedi parigini, mentre il raggio terrestre ne è 19600000.

Definizioni relative alla sfera terrestre.

Poli terrestri.

96. Essendo la terra sferica e sembrando concentrica con la sfera celeste, si potranno i varj circoli e punti di questa riferire ancora a quella. Ciò suole farsi, ed ecco come. Volete riferire un polo del mondo alla terrestre superficie? Dal polo stesso immaginate condotta una retta al centro terrestre. Questa incontrerà in direzione perpendicolare la superficie terrestre, e il punto comune alla retta ed alla superficie medesima corrisponderà al dato polo del mondo e si dirà *polo* della terra, *boreale* o *artico*, *australe* o *antartico*, secondo che era il boreale o l' australe il polo del mondo da cui la immaginata retta partiva.

Equatore terrestre.

97. Immaginate una retta che congiunga stabilmente un punto qualunque dell' equatore celeste col centro terrestre. Questa retta nella rivoluzione diurna del punto da cui parte traccierà sulla terrestre superficie un' intiera circonferenza di circolo. Dicesi *equatore terrestre* a questo circolo, e *linea equatoriale* o semplicemente *linea* alla sua circonferenza. L' equatore terrestre giace nel piano dell' equatore celeste, e siccome questo divide la celeste sfera, così esso divide la terrestre in due emisferi, uno *boreale* e l' altro *australe*.

Paralelli terrestri. Latitudine terrestre.

98. In eguale modo si possono riferire alla sfera terrestre i circoli paralelli della celeste. Una retta che unisca stabilmente un punto della circonferenza di uno di questi paralelli al centro terrestre, nella rivoluzione diurna del punto stesso

traccia sulla faccia della terra la circonferenza di un circolo paralello all' equatore terrestre e situato relativamente a questo come rispetto all' equatore celeste è situato il paralello da cui parte la suddetta linea. Abbiamo già detto che dicesi *meridiano terrestre* alla sezione della terrestre superficie con il celeste meridiano (20). All' arco del terrestre meridiano, compreso tra il terrestre equatore ed un paralello dicesi *latitudine terrestre*, *boreale* o *australe*, secondo che è nell' emisfero boreale o nell' australe il paralello medesimo. La latitudine terrestre corrisponde dunque esattamente a ciò che è la declinazione nella sfera celeste, la latitudine poi di un dato paralello terrestre è uguale alla declinazione di quel paralello celeste da un punto del quale si concepisce che derivi la retta linea da cui il paralello terrestre è tracciato. Infatti tanto la detta latitudine come la declinazione sono archi di due circoli aventi il comune centro nel centro terrestre e che misurano tanto l' uno che l' altro l' angolo sotto cui la immaginata retta incontra nel centro terrestre il piano equatoriale.

99. Dei circoli paralelli sulla faccia terrestre se ne concepiscono quanti si vogliono. Dicesi *tropico del cancro* a quello che passa per li paesi aventi una latitudine boreale di 23° e 28', e *tropico del capricorno* a quello che passa per li paesi aventi una eguale latitudine australe; *circolo polare artico* al paralello che passa per li luoghi aventi una latitudine boreale di 66° e 32', e *circolo polare antartico* a quello che attraversa i luoghi aventi una eguale latitudine australe. I Geografi oltre i paralelli nominati ne concepiscono altri 89 tra l' equatore ed il polo, e questi disposti in modo che i luoghi per cui passa il susseguente abbiano una latitudine che superi di un grado quella dei luoghi per cui passa il precedente, e distinguono questi circoli coi nomi di *primo* o di *secondo* o di *trentesimo* o di *quarantesimo paralello*, secondo che i luoghi che rispettivamente attraversano hanno una latitudine di 1 o di 2 o di 30 o di 40 gradi ecc. Suole dirsi *medio paralello* a quello che ha una latitudine di 45 gradi.

Meridiani terrestri.

100. Le sezioni dei circoli di declinazione colla superficie terrestre portano tutte il nome di *meridiani terrestri*. È indeter-

minato il numero di questi meridiani, e possono essere tanti quanti sono i punti costituenti la semicirconferenza dell' equatore terrestre o quella di un qualsivoglia paralello. Ognuno di questi circoli passa per li due poli terrestri ed è nel piano del meridiano celeste che corrisponde a quel punto del circolo paralello, pel quale si concepisce che passi. È per questo che si distinguono ancora coi nomi dei paesi per cui passano, e diciamo, per esempio, meridiano dell' Isola del Ferro, meridiano di Greenwich, meridiano di Parigi, di Milano ecc. a quei di questi circoli che passano rispettivamente per li nominati luoghi.

Longitudine terrestre.

101. La distanza tra l' uno e l' altro di questi meridiani è misurata dall' arco compreso tra l' uno e l' altro o del terrestre equatore o di qualsivoglia circolo paralello. Questa distanza espressa in gradi, minuti e secondi chiamasi *longitudine terrestre*. Per precisare poi la posizione relativa dei diversi meridiani, se ne sceglie arbitrariamente uno, alla posizione del quale si riferisce quella di ogni altro. Ad un tale meridiano si dà l' epiteto di *primo*, e le longitudini dei varj meridiani prendonsi tutte relativamente al medesimo. Diconsi poi *longitudini orientali* o *occidentali* secondo che i gradi dell' arco che ce ne porge la misura si numerano andando da occidente in oriente, siccome si fa quasi sempre, o pure andando in verso opposto da oriente in occidente. La longitudine terrestre fa sulla sfera terrestre l' officio che l' ascensione retta adempie nella celèste.

102. Un punto qualunque della terrestre superficie, siccome ha il suo meridiano celeste, così ha il suo meridiano terrestre. Pel punto medesimo dobbiamo concepire che passi ancora un circolo paralello. Dunque se questo punto non ispetta al *primo meridiano*, tra esso punto e il medesimo primo meridiano s' interpone un arco del detto paralello. La grandezza di quest' arco espressa in gradi, minuti e secondi è la longitudine del suddetto punto. Parimente, se questo punto non è sulla linea equatoriale, tra questa linea e il punto stesso s' interpone un arco del meridiano che spetta al punto medesimo. La grandezza di quest' arco espressa in gradi, minuti e secondi è quanto dicesi *latitudine* di questo punto; questa poi è boreale o australe secondo che il detto punto spetta al

boreale o all' australe emisfero. Intendesi facilmente che quando sono note la latitudine e la longitudine di un punto, ne rimane precisata la posizione sulla faccia terrestre.

A suo luogo diremo ancora della maniera con cui gli astronomi misurano le terrestri latitudini e longitudini.

Non essere la Terra perfettamente sferica, ma alquanto schiacciata ai poli e rialzata all' equatore.

103. Uno dei fatti più certi che si abbiano in fisica è che la gravità non ha ovunque una eguale intensione sopra la faccia terrestre. *La gravità è minima all' equatore, massima ai poli, e andando dall' equatore ai poli va sempre crescendo corrispondentemente ai quadrati dei seni delle latitudini.* Le differenti lunghezze dei pendoli sincroni nelle diverse latitudini ci mostrarono il fatto annunziato, il quale è una necessaria conseguenza del moto rotatorio di cui vedremo essere fornita la terra (Mecc. 330, 372 . . . 380, 438 . . . 452).

Non si può parimente revocare in dubbio la originaria fluidità della terra. Una prova della medesima si ha nella immensa quantità di sostanze cristallizzate che si osservano nella terrestre massa. Le montagne di granito, di porfido, di marmi statuarj e tutte le altre di primitiva formazione, che sono le più vaste e quelle che ergono sopra tutte le altre le loro elevatissime creste e che costituiscono la parte centrale e principalissima di quelle grandi catene di monti dalle quali rimane la faccia terrestre in ampie vallate divisa, altro non sono che enormi mucchi di cristalli. Nè questi mucchi di cristalli ergonsi da qualche base di qualità differente, ma fin dove l' osservatore può giungere col guardo, ovunque li scorge ugualmente formati, la qual cosa gli mostra che quei mucchi di cristalli si sprofondano sino nelle intime viscere della terra e che sono vere prominenze del nocciolo della medesima e che però esso pure è costituito di materia cristallizzata. Non si osserva la medesima cosa nelle montagne spettanti alle *formazioni posteriori* e che si dicono di *transizione*, *secondarie* o *terziarie* nelle quali in generale le sostanze cristallizzate sono meno diffuse. Tutte queste si ergono o a fior di suolo o a poca profondità: ma si ergono sopra una base di natura uguale a quella delle montagne primitive e come queste co-

stituita di sostanze cristallizzate. La quale importantissima osservazione, se ci rivela l' alta antichità dei graniti e la loro anteriorità relativamente a tutte le altre specie di roccie, concorre parimente colla osservazione precedente a dimostrarci non essere il nocciolo o lo sceletro del globo terrestre che un mucchio immenso di cristalli. Ma se lo sceletro della terra e tutte le montagne e i terreni di formazione primitiva risultano di sostanze cristallizzate, ne segue per necessaria conseguenza che *originariamente tutta la massa terrestre era fluida*. Imperciocchè acciò la materia possa o perfettamente o anche solo imperfettamente cristallizzarsi si richiede come primaria ed essenziale condizione che le sue particelle integranti si possano liberamente muovere le une indipendentemente dalle altre, si richiede cioè che la materia stessa sia fluida (V. Mollet t. 1. n. 18 *e seguenti.*).

Ma se la terra originariamente era fluida, qualora la sua gravità fosse stata egualmente intensa in ogni sua latitudine, l' unica figura che poteva assumere era quella di una perfetta sfera; era poi impossibile che assumesse una tale figura essendo la sua gravità differentemente intensa nelle sue varie latitudini. Essendo la intensione della terrestre gravità minima all' equatore e aumentando al crescere delle latitudini e facendosi massima ai poli, per le leggi dell' idrostatica l' unica figura che la terra poteva assumere era quella di un elissoido depresso ai poli e rialzato all' equatore e avente nelle sue varie latitudini i raggi di una lunghezza inversamente proporzionale alle intensioni della gravità nelle latitudini stesse. Queste verità vennero dimostrate nel § 47 dei Principj di Meccanica. Ma non sono unicamente le teoriche che mostrano essere elissoïdale la figura terrestre, lo mostrano ancora le osservazioni.

104. La lunghezza dei gradi dei meridiani terrestri determinata con grandi diligenze in luoghi diversi non si trovò ovunque uguale, ma si trovò invece che partendo dall' equatore va tanto più aumentando, quanto più si fa vicino il polo. Questo non si può spiegare se non ammettendo che presso l' equatore sia maggiore la curvatura della terra che non verso i poli.

Gli Astronomi hanno mezzi di conoscere con precisione la latitudine e la longitudine di un luogo qualunque, e in con-

seguenza possono ancora determinare sulla faccia terrestre due punti situati sullo stesso meridiano e tra loro distanti uno o più gradi. Se avendo determinati due simili punti, si misurerà col metro o colla tesa la distanza che separa i detti punti l' uno dall' altro, si otterrà in metri o in tese la misura della lunghezza di uno o più gradi del terrestre meridiano pel luogo in cui si opera.

In molte parti della terra e in differenti latitudini si misurarono con ogni possibile esattezza degli archi di uno o più gradi dei terrestri meridiani. Se la terra fosse perfettamente rotonda, tutti i gradi non solo di un dato meridiano ma ancora di qualsivoglia altro sarebbero esattamente uguali. Ma tutte le differenti misure concordano nello stabilire la verità già annunciata, che le lunghezze dei gradi dei terrestri meridiani hanno una corrispondenza colla latitudine dei luoghi nei quali si misurano e che in generale queste lunghezze sono tanto più grandi, quanto più è grande la latitudine medesima.

105. Secondo la misura di un arco di 3° fatta da Condamine, Godin e Bouguer al Perù presso la linea equatoriale risulta che i gradi dei meridiani terrestri presso la linea sono di 56753 tese parigine. In Pensilvania alla latitudine boreale di 39° 12' si ritrovò da Mason e Dixon di 56888 tese la lunghezza di un grado. Oriani misurò l' arco di 1° 3' 35", 4, che è l' eccesso della latitudine della perpendicolare della guglia del Duomo di Milano sopra la latitudine della Lanterna di Genova. La lunghezza di questo arco è 60398 tese, e quindi la lunghezza di un solo suo grado è tese 56988, 2. In Francia si misurò l' arco di 9° 40' e 44", 86 che si distende da Barcellona a Dunkerque. La lunghezza di quest' arco è tese 551583, 6385. Da questa misura risulta che in Francia alla latitudine di 42° 17' 20" un grado è tese 56946,68, alla latitudine di 44° 41' 48" è tese 56977,80, alla latitudine di 47° 30' 46" è tese 57069,31 e alla latitudine di 49° 36' 29" è tese 57082,63. La misura di questo grande arco fu di poi continuata da Delambre sino alla latitudine dell' osservatorio di Greenwich da una parte e da Biot e Arago sino a quella dell' isola di Formentara dall' altra. Maupertuis e Clairaut misurarono un arco di 57' in Laponia; e da questa misura risulta che un grado del meridiano presso il circolo polare artico è tese 57419.

106. I risultamenti ottenuti in queste e in molte altre simili misure fecero conoscere evidentemente che la terra non è perfettamente sferica, ma che la sua curvatura è più grande presso l' equatore, che va gradatamente diminuendo col crescere delle latitudini, e che diviene minima sotto i poli. Dunque la terra è schiacciata ai poli e rialzata all' equatore, e la linea che congiunge tra loro i suoi due poli e che chiamasi *asse terrestre* è minore del diametro del terrestre equatore. La curvatura della terra tiene sensibilissimamente quello stesso andamento che dovrebbe tenere se la terra fosse un solido ingenerato da una elisse avente il diametro del terrestre equatore per asse maggiore e l' asse terrestre per asse minore in una sua semirivoluzione intorno all' asse minore. I calcoli fondati sopra le varie misure di archi dei terrestri meridiani fanno credere che sia di 1/308,65 la differenza tra il diametro dell' equatore e l' asse della terra ovvero tra i due assi maggiore e minore del terrestre elissoido. Il semiasse maggiore della terra ovvero il suo raggio equatoriale, secondo i citati calcoli, è metri 6376984, e il semiasse minore ovvero il raggio polare è metri 6356324, minore del primo per 20660 metri. La lunghezza poi del raggio terrestre corrispondente alla latitudine di 45° è metri 6366745. Si può vedere nel §. 47 dei Principj quanta stretta corrispondenza sussista tra la figura attuale della terra, la sua originaria fluidità e il suo moto rotatorio.

Del Metro.

107. Alla fine dell' ultimo secolo gli Astronomi Francesi uniti a quelli di alcune altre Nazioni, terminata la misura del grande arco tra Dunkerque e Barcellona, si diedero a ricercare col calcolo quale sia la lunghezza della quarta parte del meridiano terrestre compresa tra l' equatore ed il polo. Per questa ricerca posero a computo non solo la lunghezza del nominato arco, ma eziandio quella di ogni altro arco fino a quell' epoca misurato, e risultò dai loro calcoli essere 5130740 tese parigine la lunghezza ricercata. Lo scopo dei loro lavori non era semplicemente la determinazione delle dimensioni della terra, ma era parimente la determinazione di una unità di misura lineare che, non essendo legata che

con la grandezza della terra, dovesse riceversi indistintamente da qualsivoglia Nazione non ostante le rivalità nazionali. Per tale unità di misura si prese la diecimilionesima parte del suddetto quadrante del meridiano terrestre e se la chiamò *metro*. Il metro sarà dunque uguale a tese 0,5130740 = linee 443,295936 = 3 piedi e linee 11,3 quasi esattamente. Questa misura servì di base a tutto il nuovo sistema metrico delle misure e dei pesi, nel quale, essendo sempre il metro la fondamentale unità lineare, le altre misure non sono che multiplici o summultiplici del metro e dedotti conformemente all' aritmetico sistema decimale. Così si hanno fra i multiplici il decametro, l' ettometro, il kilometro, ecc., il primo di 10, il 2.° di 100 e il 3.° di 1000 metri, e fra i summultiplici il decimetro, il centimetro, il millimetro, ecc. I quadrati del metro, de' suoi multiplici e de' suoi summultiplici servono a misurare le superficie, e i cubi dei medesimi a misurare le capacità o i volumi. *Lo stajo metrico* per esempio è il cubo del metro, e il *litro* o *pinta metrica* è il cubo di un decimetro. L' unità di peso che si chiamò *gramma* è il peso assoluto di un centimetro cubo ovvero della milionesima parte di un metro cubo di acqua distillata, considerata nel voto e avente la temperatura di circa 4° del termometro centigrado nella quale l' acqua ha la massima densità. Il gramma è uguale a grani 18,82715 dell' antico peso di marca. Dagli Italiani si chiama *denaro* il peso di un gramma, *grosso* quello di 10 denari, *oncia* quello di 10 grossi, e *libbra* decimale o *kilogramma* quello di 10 once.

Delle dimensioni della terra.

108. La notata continuazione fino alle latitudini di Greenwich e Formentara della misura dell' arco del meridiano che attraversa la Francia diede dei novelli lumi intorno le vere dimensioni della terra. Secondo questi la quarta parte del terrestre meridiano la quale dall' equatore estendesi al polo è tese parigine 5131111. Dunque la lunghezza del metro, se deve rappresentare esattamente la diecimilionesima parte del detto quadrante, dovrebbe essere tese 0,5131111 = linee 443,32520; e però la diecimilionesima parte del quadrante del meridiano terrestre, considerato come unità il metro, fe-

gale di tese 0,5130740, è uguale a metri 1,0000723, e la lunghezza del detto quadrante è metri legali 10000723.

109. Prendiamo per unità non il metro legale ma il metro che è la diecimilionesima parte del detto quadrante del meridiano terrestre e che chiameremo *metro esatto*. La lunghezza dell'intiero meridiano è metri esatti 40000000 = tese 20524444, e quella del grado medio del meridiano è metri esatti 111111,1111 = tese 57012. Il miglio italiano è la 60.ª parte della lunghezza di un grado. Dunque il *miglio medio* sarà metri esatti 1851,8 = metri legali 1851,93 = tese 950,2. Sotto la denominazione di *miglio italiano* intendiamo sempre questa lunghezza qui precisata.

110. La seguente formola di Delambre dà in metri esatti la lunghezza G di un grado del meridiano per una qualsivoglia latitudine L:

$$G = 111111^{m},1111 - 540^{m},848 \cos 2L.$$

111. Dall' essere $\cos 2L = 1 - \text{sen}^2 L$, segue che la *lunghezza de' gradi cresce dall' equatore al polo corrispondentemente al quadrato del seno della latitudine.*

112. Per ottenere in metri esatti la lunghezza R del raggio terrestre corrispondente ad una qualsivoglia latitudine L si può far uso della seguente formola di Delambre la quale ne dà il logaritmo:

$$\log R = 6,8038861 + 0,0007150 \cos 2L.$$

113. Ammessa la forma elissoidale della terra, con la nota lunghezza de' suoi due assi se ne possono determinare la superficie e la solidità. Ma tali quantità non differiscono quasi da quelle di una sfera avente il raggio uguale al raggio terrestre *medio*, a quello cioè che corrisponde al medio grado dal meridiano terrestre e alla latitudine di 45.° Potremo dunque supporre che la terra sia una tale sfera e calcolarne la superficie e la solidità colle formole che si apprendono in geometria.

114. Essendo il medio raggio terrestre metri legali 6366745, lunghezza uguale a miglia italiane 3432,5, secondo la geometrica formola $4\pi r^2$ la superficie terrestre sarà prossimamente uguale a 510 bilioni di metri quadrati o pure a 148 milioni di miglia italiane quadrate. Moltiplicando poi le ritrovate espressioni della superficie terrestre per la terza parte del suddetto raggio ne avrete le corrispondenti espressioni della terrestre solidità. Questa in metri cubi sarà prossimamente

uguale a 1100 trilioni, e in miglia italiane cube a 170000 milioni.

115. Atteso la descritta figura elissoidale della terra il terrestre equatore ed i *paralelli* devono essere circolari, e la lunghezza della circonferenza dell' equatore deve superare quella del terrestre meridiano. Essendo il raggio equatoriale metri legali 6376984, la circonferenza equatoriale sarà prossimamente metri 40068000. Quindi un grado del terrestre equatore sarà metri 111300, ed un minuto o pure un *miglio di longitudine* sulla linea equatoriale sarà metri 1856.

116. Abbiamo data la formola (112) con cui si determina in metri esatti il valore del raggio terrestre R per una qualsivoglia latitudine L. Ma conoscendo R e L si ritrova con facilità in metri esatti ancora il valore del raggio r del paralello corrispondente alla latitudine L, essendo, siccome abbiamo veduto (444) in Meccanica, $r = R \cos L$.

117. Se per agevolare i computi usate dei logaritmi, avrete $\log r = \log R + \log \cos L - 10{,}0000000$, e sostituendo a $\log R$ il suo valore (112), $\log r = 6{,}8038861 + 0{,}0007150 \cos 2L + \log \cos L - 10{,}0000000$.

La circonferenza del circolo del raggio r è $= \pi r$. Con π si indica la ragione della circonferenza al raggio, la quale è $= 6{,}2831853o$.

Chiamiamo P la circonferenza del paralello che passa alla latitudine L; se per determinarne il valore ci serviamo dei logaritmi, avremo $\log P = \log r + \log \pi$. Ponendo poi invece di $\log r$ il suo valore or' ora determinato, ed essendo $\log \pi = 0{,}7981799$, avrete: $\log P = 6{,}8038861 + 0{,}0007150 \cos 2L + \log \cos L - 10{,}0000000 + 0{,}7981799 = \log \cos L + 0{,}0007150 \cos 2L - 2{,}3979340$.

Se per un esempio facciamo $L = 45^\circ$, essendo $\log \cos 45^\circ = 9{,}8494850$ e $\cos 90^\circ = 0$, avremo $\log P = 7{,}4515510$. Corrispondendo a questo logaritmo il numero 28284740 ed essendo il metro esatto l' unità di misura presa per base del calcolo, concluderemo essere uguale ad un tale numero di metri esatti, quantità eguale a 28286785 metri legali, la circonferenza del medio paralello terrestre. In conseguenza la lunghezza di un grado di detto medio paralello è metri legali 78574,4 e quella di un minuto, la quale è il *miglio di longitudine* in essa latitudine, è metri 1309, 57.

118. La terra, siccome presto vedremo, ha un moto rota-

torio intorno il suo asse. Il tempo che impiega nel compiere un' intiera rivoluzione è uguale al giorno sidereo, cioè a 23 ore, 56' e 4" = 86164". Dunque in questo tempo ogni punto della circonferenza del terrestre equatore descrive una circonferenza eguale a quella del medesimo equatore, ed ogni punto della terrestre superficie il quale abbia una latitudine L percorre una circonferenza P eguale a quella del paralello di detta latitudine. Dividendo il valore della circonferenza di cui si tratta per 86164" si ottiene lo spazio che ogni punto della circonferenza medesima descrive in ogni minuto secondo di tempo ovvero la sua velocità rotatoria. Questa velocità per l' equatore è metri 465 e per la media latitudine è metri 328.

Nel §. 47 dei Principj di Meccanica abbiamo insegnato a determinare i valori dei raggi dei paralelli, dei corrispondenti gradi e minuti e delle rispettive velocità rotatorie nella ipotesi della terra perfettamente sferica. Col metodo ivi insegnato si ottengono tutte le dette quantità più facilmente che col metodo qui esposto, ma con minore esattezza. Ivi pure ritroverete un piccolo quadro del valore dei coseni, il quale potrà parimente servirvi nel metodo quì suggerito in cui devesi esprimere il valore di $\cos 2L$ in parti del raggio preso come unità.

Sistema Copernicano.

119. Il *Sistema* che qui esponiamo si chiama *Copernicano*, essendone stato autore Nicolò Copernico nativo di Thorn, che insegnò lungamente le Matematiche in Roma e che morì nell' anno 1543 di 70 anni essendo Canonico della Cattedrale di Fravenberg. Copernico aveva fondato il suo sistema sopra moltissime osservazioni e sue e di quanti avevano fino a quel giorno avuto merito in Astronomia. Galileo di poi e colle sue osservazioni e co' suoi scritti ne rese così evidente la verità, che più non se ne potè dubitare: Keplero con immense fatiche scoprì le primarie leggi a cui sono soggetti i pianeti nei loro moti, e Newton finalmente seppe assegnare la causa regolatrice dei moti medesimi nella *universale gravitazione.* Molti altri Astronomi confermarono questo sistema coi loro lavori e di scoperte importantissime lo arricchirono. E quante sono le osservazioni finora fatte e quante le scoperte, altrettante ne sono le dimostrazioni. Le principali proposizioni di questo sistema sono le seguenti.

120. *Il sole si trova nel mezzo di quello spazio in cui si avvolgono i pianeti. È un vastissimo corpo sferico dotato di una luce sua propria e di un moto di rotazione diretto da occidente in oriente.*

121. *Intorno al sole si muovono in diverse distanze i pianeti. Anche la Terra è un pianeta. Essa pure senza alcuna tregua e nella guisa medesima degli altri descrive una vastissima orbita intorno al sole. I pianeti sono corpi opachi che vengono illuminati dalla luce solare siccome ne viene illuminata la terra: sono molto minori del sole e simili alla terra medesima. L' ordine delle distanze dei pianeti dal sole è il seguente. Mercurio è il più prossimo. Dopo si avvolge Venere, poi la Terra, indi Marte. Dopo in una quasi eguale distanza si trovano i quattro pianeti minori Giunone, Cerere, Pallade e Vesta. Dopo vien Giove, poi Saturno e finalmente Urano.*

122. *Il moto di tutti i pianeti è diretto da occidente verso oriente. Le orbite che descrivono sono elissi aventi un foco a tutte comune nell' interno del globo solare.*

123. *La terra e gli altri pianeti non solo hanno il moto progressivo per cui descrivono le loro orbite intorno al sole, hanno ancora un moto di rotazione intorno al proprio asse, diretto egualmente da occidente verso oriente. L' asse della terra non è perpendicolare al piano della sua orbita, ma fa col medesimo un angolo di 66° e 32'. Gli assi degli altri pianeti sono più o meno inclinati alle rispettive orbite. Mentre la terra percorre la sua orbita, la direzione del suo asse relativamente alle stelle non varia che di una piccolissima quantità. Questa direzione al termine di ogni anno non è inclinata che di circa 50'' a quella che aveva in principio dell' anno stesso. Tale inclinazione si fa sempre nello stesso verso, da oriente verso occidente.*

124. *I Satelliti sono corpi opachi simili ai pianeti, ma più piccoli di loro. Essi si rivolgono intorno al rispettivo pianeta e insieme con lui procedono intorno al sole. La Luna è un satellite della terra. L' anello di saturno è parimente un corpo opaco e si raggira intorno al suo pianeta.*

125. *Le Comete sono corpi che rassomigliano i pianeti, se non in altro, nel descrivere orbite elittiche intorno al sole.*

126. *Le stelle sono corpi aventi una luce loro propria, simili al sole e collocati a distanze immense dal sole.*

127. Si potrà rappresentare sopra una tavola il sistema copernicano tracciando intorno ad un punto in cui si supporrà ritrovarsi il sole tante orbite quanti sono i pianeti e cercando

proporzionarle alla meglio in grandezza a quelle che rappresentano. Dei suddetti pianeti urano venne scoperto da Herschel nel 1781, cerere da Piazzi nel 1801, pallade e vesta da Olbers, il primo nel 1802 e il secondo nel 1807, giunone da Harding nel 1804, e gli altri erano noti ancora ai più antichi Astronomi. I quattro pianeti ultimamente scoperti sono piccolissimi e non si vedono se non col mezzo di buoni telescopj. Si sogliono chiamare *asteroidi.*

Il sistema costituito dai nominati astri, sole, pianeti, satelliti e comete è ciò che chiamasi *sistema solare* o *mondo.* Le stelle non appartengono a questo sistema.

Nei seguenti articoli si riferiscono le varie particolarità spettanti i moti e le dimensioni di ognuno degli astri suddetti. Sono esse il frutto delle continuate osservazioni e dei disastrosi viaggi e dei faticosi calcoli a cui spinto dall' amore per la scienza indefessamente si sottopose l' Astronomo in questi ultimi tempi.

Distanza del sole e dei pianeti dalla terra.

128. Essendo una elisse l' orbita che la terra ogni anno descrive intorno al sole che ne occupa un foco (122), la distanza della terra dal sole varierà continuamente. La media distanza solare è uguale a 24096 raggi terrestri medj i quali equivalgono a 82713520 miglia italiane. Questa distanza si dedusse dalla *media* parallasse orizzontale del sole (43), la quale è un angolo piccolissimo di 8", 6. Le altre sue distanze maggiori e minori si dedussero dal confronto della sua media grandezza apparente colle sue diverse grandezze apparenti (52, 74). La massima distanza del sole supera la media di 1389150 miglia, è cioè di 84102670 miglia; e la media supera di altrettanto la minima la quale è 81324370 miglia.

129. Le distanze dei pianeti dalla terra devono variare moltissimo, descrivendo essi le loro orbite non intorno alla terra ma intorno al sole. Queste differenti distanze ora si conoscono, e si dedussero dalle rispettive parallassi e dalle variazioni che si osservano nelle rispettive grandezze apparenti.

130. Nel seguente quadro estratto dalle Lezioni astronomiche del Sig. Piazzi si riportano le distanze minime, medie e massime del sole e dei pianeti dalla terra espresse in leghe

di 2000 tese. Prima del nome del sole e di ciascun pianeta ritrovasi il segno con cui suole rappresentarsi dagli Astronomi. Questo ♁ è il segno con cui indicano la terra.

	Distanza minima	*Distanza media*	*Distanza massima*
☉ Sole	38570739	39229000	39887261
☿ Mercurio	20264433	39229000	58193567
♀ Venere	10000673	39229000	68457327
♂ Marte	14318803	59772960	105227117
⚶ Vesta	44592029	111991244	179390460
⚵ Giunone	38132079	124041249	209950420
⚳ Cerere	60155499	127845849	195536200
⚴ Pallade	42140869	127881459	213622050
♃ Giove	154379794	204100000	253820766
♄ Saturno	313291102	374196340	435101578
♅ Urano	678204515	752540000	826875829

Grandezza del sole e dei pianeti.

131. Quando sono note la grandezza apparente e la distanza degli astri, abbiamo veduto con quale facilità si deduce la *grandezza reale* dei loro diametri. Parimente quando si conosce quale sia la grandezza apparente di un astro in una nota distanza, si determina facilmente quale ne debba essere la grandezza apparente in un' altra determinata distanza qualunque, essendo le grandezze apparenti degli astri inversamente come le distanze. Il seguente quadro estratto dalle lezioni del Piazzi riferisce 1.° l' angolo ottico sotto cui si vedrebbe da un osservatore supposto nel sole il diametro dei varj pianeti allorchè si trovano nella loro distanza media dal sole medesimo. Fra questi ritroverete ancora l' angolo ottico sotto cui stando nel sole si vedrebbe la terra. Questo angolo è uguale al doppio della media parallasse orizzontale solare, che non è altro che l' angolo ottico sotto cui stando nel sole vedesi il raggio medio della terra mentre è nella sua di-

stanza media. 2.° Gli angoli ottici o le grandezze apparenti sotto cui si vedrebbero dalla terra gli stessi pianeti se si mostrassero in una distanza eguale alla distanza media della terra dal sole. Tali angoli sono come i diametri reali dei rispettivi pianeti; poichè a distanze uguali le grandezze apparenti sono come le reali. Le grandezze di questi diametri espresse in leghe di 2000 tese occupano la terza fila del quadro, ed espresse in unità di cui ciascuna vale il medio diametro terrestre occupano la quarta. Supposti sferici gli astri di cui si parla, in queste stesse espressioni si avrà la ragione dei loro raggi o delle circonferenze dei loro circoli massimi al raggio o alla circonferenza di un circolo massimo della terra. Nei quadrati di queste ragioni si avranno i valori delle superficie dei detti astri in unità di cui ciascuna vale tutta la terrestre superficie, e nei cubi se ne avranno le solidità in unità di cui ognuna vale tutta la solidità della terra. L' ultima fila del quadro è occupata da questi ultimi valori. (49, 52, 39).

	Diametri apparenti nella media distanza		*Diametri reali*		*Solidità.*
	del pianeta dal sole	*della terra dal sole*	*in leghe*	*in diametri terrestri*	
☉	. . . .	1922'',00	365502	111,744	1395166,37600
☿	15'',53	6,01	1255	0,384	0,05496
♀	22,95	16,60	3138	0,965	0,89463
♁	17,20	17,20	3271	1,000	1,00000
♂	5,99	9,13	1693	0,531	0,14974
♃	35,38	184,09	35527	10,861	1281,17791
♄	15,61	148,91	32655	9,983	994,31179
♅	3,91	74,93	14169	4,332	81,29528

132. Il diametro apparente del sole nella sua distanza

minima è 32' 33'', 71 = 1953'', 71
media è 32' 2'', 00 = 1922'', 00
massima è 31' 30'', 29 = 1890'', 29.

133. La vastità del sole si può rendere sensibile supponendo che esso sia una sfera cava e che nel suo centro venga posta la terra colla luna. Essendo il raggio solare quasi doppio del raggio dell' orbita lunare, la luna vi si avvolgerebbe in una distanza quasi eguale e dalla terra e dalla volta di essa sfera cava.

Moto rotatorio del sole e dei pianeti.

134. Osservando coi telescopj le macchie e le altre irregolarità che si scorgono sulla faccia del sole e dei pianeti si conosce che questi astri girano continuamente intorno al proprio asse con una inalterabile regolarità. La direzione di questo moto è uguale per tutti, da occidente in oriente nella parte superiore, e da oriente in occidente nella inferiore. Un moto rotatorio così diretto è sempre indicato in Astronomia colle espressioni : da occidente in oriente. La durata di una rivoluzione si determina misurando il tempo che impiega una macchia a percorrere il disco o una parte del disco dell' astro. Questa durata pel sole supera di pochi minuti i venticinque giorni ;

per mercurio è 24 ore, 5' e 30"
per venere è 23 ore, 21' e 19"
per marte è 24 ore, 39' e 22"
per giove è 9 ore, 55' e 33".

Herschel crede 10 ore e qualche minuto la suddetta durata per saturno e per il suo anello esteriore. Per causa della grande piccolezza dei quattro asteroidi e della troppo ampia distanza di urano non si potè finora conoscere in essi il moto rotatorio. Il quale suole chiamarsi *moto diurno* o *rivoluzione diurna*. Il moto rotatorio della terra è diretto come quello del sole e dei pianeti, e la sua durata è quella stessa del giorno sidereo, cioè 23 ore, 56' e 4" = 86164". La quotidiana rivoluzione della sfera celeste non è che apparente ; è una illusione causata dalla rivoluzione diurna della terra.

Della figura del sole e dei pianeti.

135. Il sole ed i pianeti sono sferici. Infatti appajono sempre come dischi circolari, non ostante il loro moto rotatorio, ciò che non potrebbe darsi se non fossero sferici.

136. Il moto rotatorio produsse nella terra una depressione ai poli ed un corrispondente rialzamento all' equatore (100). Ancora in alcuni pianeti si conosce un analogo effetto del moto rotatorio. L' asse dei poli in marte è un sedicesimo minore di quello dell' equatore, in giove circa un quattordicesimo ed in saturno un undicesimo. Se negli altri pianeti non si conobbe, si deve attribuire non alla sua insussistenza, ma alla difficoltà di discernerlo. Se in venere per esempio la schiacciatura ai poli fosse di un trecentesimo come nella terra, non sarebbe che 0",1 la differenza negli angoli ottici dei due assi maggiore e minore del pianeta.

137. In mercurio e in venere si scorgono delle montagne proporzionatamente più elevate che le terrestri. In mercurio alcune hanno più di 8000 tese di altezza e in venere la più alta supera le 17000 tese. Ancora in mercurio ed in venere, siccome sulla terra, le più alte montagne occupano l' emisfero australe. In giove sono rimarchevoli due fasce che lo circondano paralellamente al suo equatore. Alcune volte se ne videro tre, raramente un maggior numero. Messier ne vide coperto quasi tutto il disco. Herschel credette vedere urano circondato da un anello come saturno.

Si conobbe pure che l' atmosfera da cui sono circondati mercurio e venere è assai densa.

Delle orbite, dei tempi periodici e delle velocità dei pianeti.

138. Copernico conobbe che il centro dei moti di tutti i pianeti, non esclusa la terra, è il sole, ma credeva circolari le orbite che i pianeti descrivono in questi loro moti. Le osservazioni insegnarono a Keplero che *le orbite planetarie sono elissi e che il sole ne occupa un foco.* In conseguenza le distanze dei pianeti dal sole devono variare come le lunghezze dei raggi vettori di una elisse. Sarà massima la distanza di un pianeta dal sole quando si troverà nella estremità dell' asse maggiore più lontana dal foco in cui il sole risiede. Tale estremità, che in Meccanica abbiamo chiamata *alto apside*, in Astronomia porta il nome di *afelio.* Sarà minima la sua distanza quando passerà per l' altra estremità del maggiore asse. Questa estremità, che in Meccanica chiamavamo *basso apside*, suole dirsi *perielio* in Astronomia. Media sarà la sua distanza quando passerà per le estremità dell' asse minore.

139. Le osservazioni hanno pure insegnato a Keplero che

i raggi vettori dei pianeti descrivono intorno al sole aree proporzionali ai tempi. (Princ. 404). Non potrebbero i pianeti descrivere elissi intorno al sole residente in un foco delle medesime e insieme percorrere aree proporzionali ai tempi se contemporaneamente la loro velocità non fosse soggetta a variare. Ma le osservazioni hanno costantemente insegnato che la velocità dei pianeti varia continuamente come il richiedono le leggi generali del moto dipendente dalle forze centrali nelle elissi; che la velocità del pianeta è massima nel basso apside o perielio, minima nell' alto apside o afelio e media geometrica tra la massima e la minima nelle medie distanze; che mentre dal perielio ascende verso l' afelio va continuamente scemando, e che mentre dall' afelio discende verso il perielio va continuamente crescendo (Princ. 517, 522, 523, 524). Per queste variazioni si mantiene inalterabilmente la proporzionalità delle aree ai tempi.

140. Sono pur varie le velocità medie dei differenti pianeti. *Queste stanno tra loro inversamente come le radici quadrate delle rispettive distanze medie dal sole.* Siamo debitori a Keplero ancora della scoperta di questa legge (Princ. 519, 520).

141. Si scoprì pure da Keplero l' altra notissima legge della *proporzionalità tra i quadrati dei tempi che impiegano i pianeti a descrivere le loro orbite e i cubi delle medie loro distanze dal sole.* Dell' uso che si può fare di questa legge per la determinazione della ragione sussistente tra la distanza media di un pianeta a quella di ciascun altro si tratta nel numero 517 dei Principj di Meccanica. Quale stretto legame sussista tra questa legge e quella di Newton relativa alla gravitazione universale, che la *forza* cioè *che ritiene i pianeti nelle loro orbite segue nel suo operare la ragione inversa dei quadrati delle distanze*, si può vedere nei Principj stessi ai numeri 431, 432, 499, 507, 604, ecc. Il tempo che impiega un pianeta a descrivere la sua orbita si determina coll' osservare quale intervallo di tempo scorra dal momento che passa sotto una data stella fino a quello in cui ritorna a congiungersi colla stella medesima. Questo tempo chiamasi *rivoluzione siderale* o *tempo periodico.* Il tempo che scorre tra due successivi passaggi di un pianeta per un dato punto equinoziale è più breve della durata di una sua rivoluzione siderale, avendo i punti equinoziali un apparente moto retrogrado da oriente verso occidente (66). Questo tempo chiamasi *rivoluzione tropica.*

142. Le orbite elittiche planetarie sono assai poco allungate. La distanza dei loro fochi dal rispettivo centro, la quale chiamasi *eccentricità*, per le proprietà delle elissi è uguale alla metà della differenza tra la massima e la minima distanza del pianeta dal sole.

143. L' eclittica è l' orbita che apparentemente si descrive in cielo dal sole nella sua apparente rivoluzione annua, ma che in realtà si descrive dalla terra in una sua rivoluzione siderale. Abbiamo veduto come si possa in cielo tracciare col pensiero la circonferenza di tale orbita e quindi determinare la posizione del piano sul quale essa si distende. Notando le varie stelle con le quali un pianeta successivamente si congiunge in una sua siderale rivoluzione, si traccierà pure in cielo la circonferenza di sua orbita e se ne determinerà relativamente alle stelle la posizione del piano. Avendo le orbite di tutti i pianeti un foco comune nel sole, il piano su cui giace una determinata orbita planetaria, se non coincide col piano dell' eclittica, lo dovrà intersecare, e la linea d' intersecazione dovrà passare pel detto foco comune. Questa linea dicesi *linea dei nodi* e portano il nome di *nodi* i due punti in cui la circonferenza dell' orbita di un pianeta attraversa il piano dell' eclittica. Dicesi *inclinazione della data orbita all' eclittica* l' angolo formato dal piano di quella col piano di questa. I piani delle orbite planetarie non coincidono con quello dell' eclittica, ma la loro inclinazione all' eclittica è per quasi tutti picoolissima. Da ciò dipende che quasi tutti i pianeti in tutta la loro rivoluzione siderale non escono dallo zodiaco.

Quadro delle distanze dei pianeti dal sole.

144. La prima casa di questo quadro contiene le medie distanze dei pianeti dal sole espresse in unità di cui ciascuna vale la media distanza della terra dal sole; la seconda le minime distanze in leghe di 2000 tese, e la terza le massime distanze espresse parimente in leghe. È ricordevole un' altra maniera di esprimere le distanze dei pianeti per approssimazione. Se fate la distanza di mercurio = 4, le distanze dei successivi pianeti dovranno rappresentarsi da 4 + 3 moltiplicato per 2 innalzato rispettivamente alle potenze 0, 1, 2, 3, 4, ecc. Queste distanze prossime così espresse occupano la 4.ª casa.

	Distanze del pianeta dal sole			
	media	*minima*	*massima*	*prossima*
☿	0,387099	12064624	18306306	4
♀	0,723332	28181142	28570058	7 = 4 + 3. 1
♁	1,000000	38570739	39887261	10 = 4 + 3. 2
♂	1,523692	59206064	65339856	16 = 4 + 3. 4
⚶	2,363198	84479290	100932460	
⚵	2,670369	78019340	131492424	28 = 4 + 3. 8
⚳	2,767245	100042760	117078200	
⚴	2,768261	82028130	135164050	
♃	5,201161	194267055	213933505	52 = 4 + 3. 16
♄	9,537813	353178363	395214317	100 = 4 + 3. 32
♅	19,183177	717418832	787661512	196 = 4 + 3. 64

Si potrebbe rendere sensibile la grandissima distanza dei pianeti dal sole nella seguente maniera. Si supponga che dal sole si gettino contemporaneamente delle palle da cannone, una verso ciascun pianeta, che queste palle sieno dotate di una velocità di 600 piedi per ogni minuto secondo e che non incontrando mai verun ostacolo perseverino nel loro cammino con moto uniforme. La palla diretta verso mercurio non vi arriverebbe che dopo 9 anni e mezzo circa, quella diretta verso venere dopo 18 anni, quella diretta verso la terra dopo 25 anni; a marte arriverebbe la sua dopo 38 anni, dopo 69 agli asteroidi, dopo 128 a giove, a saturno dopo 237 e ad urano dopo 474 anni.

Quadro delle eccentricità e delle inclinazioni delle orbite planetarie.

145. Nella prima casa di questo quadro avrete le eccentricità delle orbite planetarie espresse in unità di cui ciascuna vale la distanza media della terra dal sole. Se aggiungerete questa eccentricità così espressa alla distanza media del pianeta dal sole, l' espressione della quale ritrovasi nel quadro precedente, otterrete la massima distanza del pianeta dal sole in semiassi maggiori dell' orbita terrestre, e se al contrario la sottrarrete, otterrete la minima distanza del pianeta

dal sole espressa parimente in semiassi maggiori dell' orbita terrestre. La seconda casa del quadro contiene le eccentricità delle orbite espresse in parti dei semiassi maggiori delle orbite dei rispettivi pianeti. Queste espressioni specialmente serviranno a far giudicare della lunghezza delle orbite medesime. La terza casa porge in gradi minuti e secondi la misura della inclinazione delle orbite planetarie all' eclittica.

	Eccentricità in semiassi maggiori dell' orbita		*Inclinazione dell' orbita all' eclittica*
	della terra	*del pianeta*	
☿	0,0795657	0,2056212	7° 0' 0", 0
♀	0,0049634	0,0068618	3 23 28, 5
♁	0,0167947	0,0167947	0 0 0, 0
♂	0,1420344	0,0932173	1 51 5, 0
⚶	0,2097072	0,1838258	7 7 51, 8
⚵	0,6815502	0,2543634	13 4 27, 0
⚳	0,2172370	0,0785028	10 37 30, 4
⚴	0,6772530	0,2447424	34 37 28, 0
♃	0,2506622	0,0481784	1 18 51, 5
♄	0,5357765	0,0561683	2 29 38, 1
♅	0,8952906	0,0466703	0 46 26, 0

Quadro dei tempi periodici e delle medie velocità dei pianeti.

146. La prima fila del seguente quadro dà la ragione tra la durata della rivoluzione siderale dei singoli pianeti e la durata della rivoluzione siderale della terra, tempo che già abbiamo chiamato anno siderale (60) e che vale giorni 365,256383. La seconda fila dà la durata della medesima rivoluzione siderale in giorni. La terza dà la durata della rivoluzione tropica dei singoli pianeti espressa parimente in giorni. La quarta dà il numero medio dei metri che i singoli pianeti percorrono in un minuto secondo ovvero le velocità medie con cui i detti pianeti descrivono le loro orbite.

	Rivoluzioni siderali		*Rivoluzioni tropiche*	*Velocità medie*
	in anni	*in giorni*	*in giorni*	*in metri*
☿	0,240842	87,969258	87,968439	48384
♀	0,615194	224,700824	224,695480	35476
♁	1,000000	365,256383	335,242264	30096
♂	1,880815	686,979619	686,929674	24387
⚶	3,634702	1327,598293	1327,402218	
⚵	4,363627	1593,841740	1593,573619	18669
⚳	4,603344	1681,400908	1681,101745	
⚴	4,606477	1682,545086	1682,610488	
♃	11,861794	4332,596308	4330,610488	13193
♄	29,455939	10758,969840	10746,732380	9745
♅	84,019648	30688,712687	30589,357287	6882

147. Le riferite velocità sono quelle che i pianeti avrebbero, se percorressero le loro orbite con moto uniforme. Ma poichè le percorrono con moto più celere al perielio e più lento all' afelio, essi non avranno precisamente tali velocità se non nelle loro medie distanze dal sole. Queste velocità poi cresceranno a proporzione che calerà la distanza dal sole, e diminuiranno al crescere della distanza medesima.

La terra verso la fine di dicembre in cui trovasi al perielio percorre 990 miglia al minuto, e verso la fine di giugno in cui trovasi all' afelio, non ne percorre che 957. La terra adunque in ogni ora percorre circa duemila miglia di più d' inverno che di state.

Distanza, moti e dimensioni della luna.

148. La terra è il centro dei moti della luna, siccome il sole lo è dei moti dei pianeti. L' orbita che la luna descrive in una sua rivoluzione siderale è una elisse che ha in un foco la terra. Gli astronomi giunsero a determinare la lunghezza dei differenti raggi vettori di quest' orbita col mezzo delle parallassi e degli angoli ottici sotto cui si vede il dia-

metro lunare. La parallasse orizzontale della luna nella sua media distanza dalla terra è 57' e 40". Il diminuire o il crescere della distanza lunare produce in detta parallasse una variazione in più o in meno di quasi 4'.

149. Corrispondentemente alle dette parallassi *la distanza minima* della luna è raggi medj terrestri 55,9 = 191318 miglia italiane; *la distanza media* è raggi medj terrestri 60,3 = 206377 miglia, e *la distanza massima* è raggi medj terrestri 64,7 = 221436 miglia. Segue da ciò che la eccentricità della orbita lunare è uguale a raggi medj terrestri 4, 4, e che la ragione di questa eccentricità al semiasse maggiore dell' orbita stessa è = 0, 07296.

150. Il diametro apparente della luna nella sua distanza
minima è 33' e 30" = 2010"
media è 31' e 25" = 1885"
massima è 29' e 20" = 1760".

151. Col mezzo della parallasse e della grandezza apparente si determinò ancora la grandezza reale del lunare diametro. Questa è miglia italiane 1874,15 o pure 273 millesime parti del diametro medio terrestre. Se supponiamo la luna sferica, la circonferenza di un suo circolo massimo sarà parimente 273 millesime parti della circonferenza descritta col medio diametro terrestre. La superficie lunare poi starà alla superficie terrestre come $(0,273)^2 : 1^2 = 0,074521 : 1 = 1 : 13,4$, e la solidità della luna starà a quella della terra come $(0,273)^3 : 1^3 = 0,0203464 : 1 = 1 : 49,14$.

152. Poichè il diametro terrestre sta al diametro lunare come 1 : 0,273, ancora l' angolo ottico sotto cui gli abitatori lunari vedono il diametro terrestre sta all' angolo ottico sotto cui noi contemporaneamente vediamo il diametro lunare come 1 : 0,273. L' ampiezza poi del disco terrestre veduto dagli abitatori lunari sta all' ampiezza del disco lunare che noi contemporaneamente vediamo come $1^2 : (0,273)^2 = 13,4 : 1$.

153. La terra intorno a cui rivolgesi la luna non è in quiete, ma percorre annualmente la sua immensa orbita intorno al sole. Dunque la luna, oltre la velocità per cui si avvolge intorno alla terra come se questa fosse in quiete, ha ancora comune colla terra il moto di progressione lungo l' eclittica. La terra e la luna insieme avvincolate dalla forza di gravità procedono continuamente lungo l' orbita terrestre

come se costituissero un corpo solo, e nel tempo stesso i due corpi costituenti il piccolo sistema descrivono intorno al loro comune centro di gravità elissi simili, ma di una grandezza che sta reciprocamente come la propria massa. Si osservi a questo proposito il §. 51 dei Principj di Meccanica e specialmente i numeri 583 e seguenti.

154. La velocità con cui la luna percorre la propria orbita è soggetta a variare come quella dei pianeti. Prendendo un medio termine tra i varj spazj che la luna percorre in un minuto secondo, si hanno 1024 metri. Questo termine esprimerà la media velocità con cui la luna percorre la propria orbita intorno la terra. Il moto della luna è soggetto a moltissime variazioni per causa dell' azione che il sole esercita sopra la terra e sopra la medesima luna (Princ. 592). A suo luogo ne tratterò diffusamente (292).

155. A chi osserva il moto della luna appare che dessa descriva la circonferenza di un circolo massimo della sfera celeste in ogni sua rivoluzione siderale cioè in 27 giorni, 7 ore, 43' e 11" = 236059'. Ma se la luna in detto tempo descrive tutta intiera una circonferenza di circolo, in 1" si avanzerà verso oriente di un arco di 0",549, e in un giorno o in 86400" si avanzerà di un arco di 47433", 6 = 13°,176. Questa è la causa per cui tutti i giorni la luna ritarda a levare di circa 50' di tempo.

156. La circonferenza circolare, che appare descriversi dalla luna in ogni sua rivoluzione siderale e che altro non è che l' orbita lunare riferita punto per punto alla volta celeste, è inclinata all' eclittica e divisa dalla medesima in due metà. Concependo il cielo diviso in due emisferi dall' eclittica, potremo chiamare *emisfero inferiore* quello che estendesi verso l' austro e *emisfero superiore* l' altro che estendesi verso bòrea. La luna adunque compie metà di ogni sua rivoluzione nell' emisfero superiore e metà nell' inferiore. I punti in cui la luna attraversa l' eclittica passando dall' uno nell' altro emisfero sono i *nodi* dell' orbita lunare. Dicesi *nodo ascendente* quello per cui passa salendo dall' inferiore nel superiore emisfero, e *nodo discendente* l' altro.

157. L' inclinazione dell' orbita lunare all' eclittica non si conserva sempre la stessa, ma non è mai minore di 5°, nè maggiore di 5° e 18'.

158. Oltre la notata variazione nella inclinazione, l' orbita lunare è soggetta ancora ad un altro più notabile moto che ne fa cambiare maggiormente la posizione relativamente alle stelle. Questo moto ci vien mostrato dai moti periodici che si discernono nei nodi e negli apsidi di detta orbita e dalla grande diversità nella posizione delle circonferenze che la luna in cielo descrive nelle sue successive rivoluzioni siderali.

159. Il moto dei nodi è *retrogrado*, diretto cioè da oriente verso occidente. Se notasi in una data rivoluzione lunare con quale stella coincida uno dei detti nodi, nella rivoluzione successiva si troverà il nodo medesimo più presso occidente della notata stella. In giorni 18,8706 ciascun nodo retrograda di un grado, e però in giorni 6793,421 ovvero in 18,8575 anni giuliani di giorni 365,25 retrograda di tutta intiera la circonferenza dell' eclittica. In questo periodo di tempo ciascun nodo occupa successivamente tutti i punti della circonferenza dell' eclittica, e se in un certo anno il nodo ascendente per esempio coincide col punto equinoziale di primavera, dopo nove anni e mezzo circa il detto nodo coinciderà col punto equinoziale di autunno. Da ciò dipende la continua e grande differenza che nelle successive rivoluzioui siderali della luna osservasi nella di lei distanza dall' equatore.

160. Essendo il moto dei nodi lunari opposto al moto apparente del sole, il tempo che scorrerà tra un passaggio del sole per uno dei detti nodi e il passaggio consecutivo sarà notabilmente minore di un anno. Questo tempo infatti, a cui si da il nome di *rivoluzione sinodica dei nodi lunari*, è giorni 346,61963, ovvero 346 giorni, 14 ore, 52' e 16".

161. Il moto degli apsidi dell' orbita lunare è diretto secondo l' ordine dei segni da occidente in oriente, e la durata di una intiera *rivoluzione siderale* dei medesimi, è giorni 3232,3807. Atteso un tal moto la luna ritrova in tutte le sue consecutive rivoluzioni più verso oriente i suoi apsidi, e in conseguenza la durata di una sua rivoluzione siderale sarà più breve di quella di una sua *rivoluzione anomalistica* che è il tempo che scorre tra due consecutivi passaggi pel medesimo apside. Questo tempo è giorni 27,5546 = 27 giorni, 13 ore, 18' e 37".

Il basso apside dell' orbita lunare suol dirsi *perigeo* e *apogeo* l' alto apside, per indicare che al primo di tali punti corrisponde la minima e al secondo la massima distanza della luna dalla terra.

162. La luna ci presenta sempre la stessa faccia. Ciò non potrebbe succedere se non fosse dotata di un moto rotatorio intorno a sè stessa e se la durata di una sua rotazione non fosse eguale a quella di una sua rivoluzione siderale. L' asse intorno a cui rota è quasi perpendicolare alla linea che congiunge il centro terrestre col lunare. Se ciò non fosse, le sue macchie non apparirebbero immobili, ma avrebbero un moto di traslazione nel disco lunare. A suo luogo (337) darò la spiegazione del fenomeno della *librazione della luna* (80), come pure esporrò le cause del moto dei nodi e degli apsidi dell' orbita lunare (301) e delle varietà che si osservano nella inclinazione dell' orbita stessa (306).

163. La considerazione dei fenomeni che la rotazione lunare presenta e la teorica della gravitazione universale dimostrarono al sommo matematico Piemontese La Grangia che la luna non è sferica ma che deve avere la forma di un elissöido. L' asse maggiore di questo rivolgesi costantemente verso la terra e giace nel piano dell' equatore lunare. L' asse minore è perpendicolare all' equatore stesso ed è quello intorno a cui la luna rota. Un terzo asse poi ai due nominati perpendicolare ha una lunghezza media tra quelle dei due assi predetti.

164. Le grandezze apparenti qui sopra riferite (150) sono quelle della luna che nasce o che tramonta. Quelle della luna nelle sue differenti altezze sopra l' orizzonte sono maggiori. Ad occhio nudo il disco lunare sembra notabilmente maggiore all' orizzonte che in ogni altra elevazione, ma i cannocchiali mostrano che ciò è una semplice illusione e che in un dato giorno il disco lunare all' orizzonte ha una grandezza apparente minore di tutte quelle che ha nelle sue successive elevazioni. Intorno alla causa di tale illusione può osservarsi la Fisica di Mollet (t. 5. n. 1190). L' aumento di cui parliamo deriva da una diminuzione nella distanza della luna dall' osservatore. Quando la luna è all' orizzonte in S (fig. 4), la sua distanza CS dal centro terrestre non eccede che di 15 centomillesime parti la sua distanza SO da un osservatore in O. Nelle poche ore che la luna impiega in passare da S in S', S'', S''' la sua distanza dal centro terrestre non può alterarsi sensibilmente, ma succede un continuo decremento nelle sue distanze successive OS', OS'', OS''' dall' osservatore. Infatti i due triangoli OCS', OCS che hanno

il lato comune CO e il lato CS' dell' uno, eguale al lato CS dell' altro, avranno le basi OS', OS differenti corrispondentemente alla differenza che trovasi nell' angolo formato dai due predetti lati. Ma l' angolo $OCS' < OCS$. Dunque $OS' < OS$. Similmente si prova che $OS' < OS''$. Se poi la luna giunge in S''' allo zenit dell' osservatore, allora la distanza OS''' è uguale semplicemente a $CS''' - CO$, e però è minore di quasi un intiero raggio terrestre di quella OS della luna orizzontale. Ma se la luna si fa più presso all' osservatore a proporzione che maggiormente si eleva, essendo le grandezze apparenti degli astri reciprocamente come le distanze, in un dato giorno la grandezza apparente della luna deve essere minima all' orizzonte, successivamente maggiore nelle successive altezze e massima al meridiano. La *massima* grandezza apparente della luna ritrovasi aumentata di 26" all' altezza di 45°, di 35" all' altezza di 75° e di 36" all' altezza di 90°. La *media* grandezza apparente della luna nelle tre notate altezze vedesi aumentata rispettivamente di 23", 31", 32"; e la *minima* grandezza apparente della luna nelle tre altezze medesime è cresciuta di 20", 27", 28". Nella grandezza apparente del sole non è sensibile verun cambiamento dipendente dalla sua differente altezza sopra l' orizzonte, perchè la differenza di un raggio terrestre nella sua immensa distanza non è una quantità sufficiente a produrre una sensibile alterazione nella sua grandezza apparente.

Dei satelliti degli altri pianeti.

165. I satelliti sono piccoli globi che al pari della luna accompagnano il rispettivo pianeta in tutta la sua rivoluzione siderale e che contemporaneamente descrivono delle orbite elittiche poco allungate e quasi circolari intorno allo stesso pianeta che ne occupa un foco, regolati in queste loro rivoluzioni dalle stesse leggi che regolano le rivoluzioni dei pianeti.

Galileo scoprì i quattro satelliti di giove. Di quei di saturno uno si scoprì da Ugenio, quattro da Domenico Cassini e due da Herschel, dal quale si scoprirono ancora tutti quei di urano. I satelliti non si vedono che coll' ajuto dei cannocchiali.

166. Il quadro seguente contiene nella prima fila le durate delle rivoluzioni siderali dei singoli satelliti espresse in giorni, e nelle altre le medie distanze dei medesimi dal centro del rispettivo pianeta valutate 1.° in raggi del pianeta medesimo, poi in semiassi maggiori dell' orbita terrestre e finalmente in leghe di 2000 tese.

Satelliti	*Rivoluzioni siderali in giorni*	*Distanze medie del satellite dal pianeta*		
		in raggi del pianeta	*in medie distanze della terra dal sole*	*in leghe*
1.° di ♃	1,7691378	5,81296	0,0026322	103259
2.° . . .	3,5511810	9,24868	0,0041879	164289
3.° . . .	7,1545528	14,75240	0,0068801	262054
4.° . . .	16,6887697	25,94686	0,0117492	460907
1.° di ♄	0,94271	3,080	0,0013216	50289
2.° . . .	1,37024	3,952	0,0016449	64526
3.° . . .	1,88780	4,893	0,0020365	79890
4.° . . .	2,73948	6,268	0,0026088	102341
5.° . . .	4,51749	8,754	0,0036435	142931
6.° . . .	15,94530	20,295	0,0084470	331366
7.° . . .	79,32960	59,154	0,0246215	965837
1.° di ♅	5,8926	13,120	0,0023690	92949
2.° . . .	8,7068	17,022	0,0030741	120592
3.° . . .	10,9611	19,845	0,0035833	140592
4.° . . .	13,4559	22,752	0,0041089	161187
5.° . . .	38,0750	45,507	0,0082183	322395
6.° . . .	107,6944	91,008	0,0164360	644746

167. Le riferite distanze si ottennero misurando col mezzo dei micrometri l' angolo ottico sotto cui si vede la distanza che separa il centro del pianeta dal satellite mentre questo appare maggiormente discosto dal pianeta stesso, e paragonando il detto angolo a quello sotto cui si vede il raggio del pianeta. Le durate delle rivoluzioni siderali dei satelliti di giove, di saturno e del 2.° e 4.° di urano si conobbero col mezzo delle osservazioni. Paragonando tra loro le determinate distanze e le osservate durate delle siderali rivoluzioni si

conobbe che in ognuno dei tre sistemi i satelliti sono soggetti al pari dei pianeti alla famosa legge Kepleriana che i quadrati delle durate delle rivoluzioni siderali sono come i cubi delle medie distanze. Le durate delle rivoluzioni siderali degli altri satelliti di urano, le quali non si erano ottenute coll' osservazione, furono calcolate col mezzo di questa legge.

168. Il moto dei satelliti è diretto da occidente in oriente come quello dei pianeti. Il loro diametro apparente è così piccolo, che sin ora non potè misurarsi con esattezza.

169. Le orbite dei satelliti gioviali si distendono in piani che fanno angoli piccolissimi con l' equatore gioviale il quale è inclinato all' orbita gioviale di circa 3°. Ciò fa che mentre questi satelliti passano nella parte superiore della loro orbita rimangano involti nel cono di ombra gettato dal pianeta e quindi siano eclissati. Essendo brevi le durate delle loro siderali rivoluzioni, si succedono frequentemente ancora i loro eclissi. Quei del primo satellite si succedono regolarmente ogni 42 ore, quei del 2.° avvengono ogni quarto giorno, quei del 3.° ogni settimo giorno, e quei del 4.° ogni diciassettesimo giorno. Quest' ultimo, di cui la orbita è alquanto più inclinata, può alle volte descrivere la parte superiore di sua orbita senza incontrare l' ombra gioviale. Quando questi satelliti descrivono la parte inferiore di loro orbita si vedono portarsi sotto il disco gioviale e produrre sul medesimo delle nere tacche, le quali sono eclissi parziali di giove.

170. Apprenderemo da qui a poco che gli eclissi dei satelliti gioviali fecero conoscere agli astronomi la successiva diffusione e velocità della luce e somministrano continuamente un agevole mezzo di determinare le longitudini geografiche.

171. Il sistema formato da giove e da' suoi quattro satelliti ci mostra in piccolo ciò che in grande è il sistema formato dal sole e da tutti i pianeti. In quel piccolo mondo si ravvisano tutti i fenomeni che succedono nel grande, ma in quello le rivoluzioni sono più pronte e più rapidi i cangiamenti, e quindi porge all' astronomo il mezzo più sollecito di riconoscere le leggi alle quali il Supremo Autore della Natura sottopose la materia.

Ancora i sistemi dei satelliti di saturno e di urano ci porgerebbero analoghi vantaggi, se non ne fosse troppo ampia la distanza e troppo malagevole l' osservazione.

172. Laplace dalle perturbazioni che vicendevolmente si cagionano nei loro moti i satelliti gioviali dedusse le seguenti espressioni delle loro masse comparate a quella di giove la quale si prende come unità. La massa del 1.° = 0,0000173281, del 2.° = 0,0000232355, del 3.° = 0,0000884972, del 4.° = 0,0000426591, Quest' ultima è quasi eguale a quella della nostra luna.

173. Le attente osservazioni intorno ai differenti aspetti dei satelliti di giove hanno insegnato che essi sono dotati di un moto rotatorio intorno sè stessi e che il tempo di una loro rotazione eguaglia per ciascuno quello di una sua rivoluzione siderale. La stessa cosa si conobbe nel 7.° satellite di saturno. La grandissima distanza e piccolezza degli altri satelliti non lasciano conoscere se abbiano un simile moto rotatorio. Dunque i suddetti satelliti imitano la luna ancora nel presentare sempre al proprio pianeta la stessa faccia.

174. Sono assai rimarchevoli due condizioni scoperte e dimostrate da Laplace le quali legano tra loro i moti dei tre primi satelliti gioviali. La prima è che il medio moto siderale del primo cioè il numero medio di gradi di cui si avanza nella sua rivoluzione siderale in una qualsivoglia unità di tempo, più il doppio del medio moto siderale del terzo, presi insieme, fanno una somma che è e che sarà sempre eguale al triplo del medio moto siderale del secondo. Se prendesi per esempio un giorno per unità di tempo, calcolando coi dati riferiti nel precedente quadro, ritroverete che in un giorno il primo satellite si avanza di 203°,494, che il 2.° di 101°,374 e che il 3.° di 50°,317. Ora 203°,494 + 2 × 50°,317 = 3 × 101°,374. La seconda condizione riguarda le longitudini dei satelliti, cioè le loro distanze angolari dal raggio vettore che congiunge il sole col centro di giove; e consiste in questo che la longitudine del primo, meno tre volte quella del secondo, più due volte quella del terzo si ritrova per un qualsivoglia istante e deve sempre ritrovarsi quasi esattamente eguale a due angoli retti. Questa legge fa che non succeda mai che i detti tre primi satelliti rimangano tutti contemporaneamente involti nell' ombra del pianeta, o che contemporaneamente s' interpongano tra il pianeta ed il sole; e che quando il 2.° ed il 3.° restano involti nella detta ombra, il 1.° s' interponga tra il pianeta ed

sole, e quando quei due s' interpongono tra il pianeta ed il sole, il primo rimanga eclissato.

Delle Comete.

175. I moti delle comete sono regolati delle medesime forze che regolano quei dei pianeti. Quindi le loro orbite sono elissi aventi il sole in un foco e non differiscono dalle orbite planetarie che nell' essere molto allungate. La grandissima eccentricità di queste orbite fa che la distanza afelia delle comete sia per quasi tutte incomparabilmente maggiore della perielia, che da noi si vedano per poco tempo mentre sono presso al perielio, e che in tutto il rimanente di loro rivoluzione siano affatto invisibili. Ciò toglie agli astronomi i mezzi di precisarne, come fecero coi pianeti, le differenti distanze, le posizioni delle orbite, le variazioni nelle velocità e le durate delle rivoluzioni. Nondimeno vollero dietro brevi osservazioni calcolare gli elementi delle orbite di oltre un centinajo di comete. I secoli futuri, poichè per quasi tutte sono lunghissime le durate delle rivoluzioni siderali, ne apprenderanno qual peso l' astronomo possa attribuire alle deduzioni di brevi osservazioni.

176. Fino a questi ultimi anni di una sola cometa, di quella di Halley, si conoscevano abbastanza precisamente i ritorni periodici. La durata di una sua siderale rivoluzione è circa 76 anni, poichè apparve negli anni 1531, 1607, 1681, 1759, e si aspetta nel 1835 nel qual anno, secondo i calcoli del matematico Damoiseau, passerà al perielio il 16 novembre. Ma in questi ultimi anni Enke sottopose al calcolo la cometa scoperta da Pons nel 1818, e ne seppe determinare l' orbita e la durata della rivoluzione siderale con la massima precisione. L' orbita di questa cometa si distende tra quelle di marte e di vesta: la sua distanza media dal sole paragonata alla media distanza della terra è 2,224, e la durata della rivoluzione siderale 1208 giorni. Questa cometa secondo i calcoli di Enke doveva apparire nel 1822 ed essere visibile nell' emisfero australe; e vi fu infatti ravvisata da più astronomi. Doveva indi ritornare nelle regioni inferiori di sua orbita e passare al perielio il 17 settembre 1825. Enke per facilitarne il ritrovamento preparò una nuova effemeride

calcolata giorno per giorno pei mesi luglio e agosto di detto anno. Le osservazioni dimostrarono che le predizioni ed i calcoli dell' astronomo avevano la massima esattezza, e si continua a chiamare questa cometa, che si osservò fare la sua regolare apparizione ancora verso il principio del 1829, come pure nell' aprile e maggio del 1832, col nome di Cometa di Enke.

177. Un' altra piccola cometa che al pari della precedente compie la sua rivoluzione in pochi anni si scoprì a Johannisberg dall' astronomo Biella il 27 febbrajo 1826 e divenne presto famosa perchè atteso la giacitura di sua orbita può molto appressarsi alla terra. Essa porta il nome di *Cometa di Biella* o quello di *Cometa di Gambart*, astronomo Marsigliese che la vide pochi giorni dopo Biella e che calcolò pel primo gli elementi di sua orbita. Il semiasse maggiore di questa è uguale a 3,53683 semiassi maggiori dell' orbita terrestre, e però la media distanza di detta cometa dal sole supera quella di pallade ed è minore di quella di giove. A tale distanza media corrisponde una rivoluzione siderale di sei anni e due terzi. I calcoli fatti dietro le osservazioni del 1826 richiedevano che la detta cometa percorresse la parte inferiore di sua orbita negli ultimi mesi del 1832, attraversasse l' orbita terrestre il 29 ottobre e giugnesse al suo perielio il 27 novembre. L' evento fu conforme alle predizioni. Dunque tra marte e giove si rivolgono sei piccoli astri, i quattro pianeti minori e le due comete nominate. Il moto di tutti è diretto da occidente in oriente, le loro orbite sono elissi, delle quali la più inclinata all' eclittica è quella di pallade. Se non si avesse riguardo che alla rapidità delle rivoluzioni, le dette comete potrebbersi considerare come pianeti: ma gli astronomi seguitano a chiamarle comete per causa della nebulosità da cui sono accompagnate e per la circostanza che cessano di essere visibili mentre percorrono una considerabile porzione di orbita. Queste scoperte relative alle comete fecero conoscere agli astronomi quali sono i migliori metodi di calcolarne le orbite, e forse col tempo l' astronomia giugnerà a predire con tutta precisione le apparizioni ed i moti di questi astri che, lungi di essere forieri di straordinarie calamità, come credevano i secoli passati, si devono anzi riguardare quali maniere dalla natura impie-

gate per rassicurare gli abitatori del sistema solare che l' ordine stabilito dal suo supremo Facitore non vien meno per volgere di secoli.

178. La massa delle comete è piccolissima. Ciò si argomenta dal non aver mai, siccome doveva succedere secondo i principj del sistema dell' universale gravitazione, alterato in nulla i moti e le posizioni dei varj pianeti ai quali molto si appressarono, e dall' avere al contrario i detti pianeti cagionate grandissime alterazioni nella velocità delle comete e nella posizione, figura e grandezza delle orbite loro e nella durata dei tempi periodici. Ciò si può ricavare anche dalla rarezza dei loro nuclei la quale alle volte è tanta che non basta ad intercettare la luce delle stelle sovrastanti.

SPIEGAZIONE DEI PRINCIPALI FENOMENI CELESTI.

Ora che conosciamo le fondamentali proposizioni del sistema copernicano e le più importanti deduzioni delle osservazioni astronomiche è dovere che col mezzo delle acquistate cognizioni spieghiamo i principali fenomeni celesti.

Spiegazione dell' apparente rotazione diurna del cielo.

179. L' apparente rotazione diurna della sfera celeste da oriente in occidente dipende dalla reale diurna rotazione della terra in opposta direzione. Infatti qualunque punto della faccia terrestre in questo moto cambia di situazione relativamente a ciascun punto della celeste sfera, come cambierebbe se la terra fosse in riposo e la celeste sfera le circolasse intorno ogni giorno da oriente in occidente. Dunque *l' asse del mondo* non fa che indicare la direzione dell' asse terrestre, il quale se venisse indefinitamente prolungato passerebbe pei punti della sfera che abbiamo chiamati *poli del mondo*. Similmente *l' equatore celeste* non fa che denotare la direzione del terrestre equatore.

180. Dipende dalla medesima causa la diurna apparente rivoluzione del sole da oriente in occidente e la conseguente successione dei giorni e delle notti.

Spiegazione dell' apparente moto annuo del sole e della precessione degli equinozj.

181. A noi sembra che il sole descriva annualmente l' eclittica progredendo da occidente in oriente (54 *e seguenti*).

Questo fenomeno è cagionato dal vero moto della terra lungo la sua orbita, e l' eclittica altro non è che l' orbita stessa rapportata punto per punto nella volta celeste. Se dal sole si riguardasse per un anno la terra, se la vedrebbe cambiare ogni giorno posizione e passare successivamente sotto tutte quelle stelle che sovrastano ai corrispondenti punti di sua orbita e così tracciare in cielo l' eclittica. Ma giudicandosi un astro qualunque in quel punto della sfera celeste nel quale arriva il prolungamento della linea visuale condotta dall' occhio all' astro, à chi sta sulla terra il sole dovrà sempre apparire nel luogo dell' eclittica diametralmente opposto a quello in cui vedrebbe la terra chi la guardasse stando nel sole. Siccome poi la terra senza che ci accorgiamo cambia continuamente posto avanzandosi ogni giorno lungo la sua orbita di un arco corrispondente a circa un grado dell' eclittica, così dovrà di una eguale quantità cambiare il posto apparente del sole nella parte opposta, apparire che il sole si avvolga lungo l' eclittica e che la terra rimanga in riposo. Rappresentiamo per maggiore chiarezza col circolo *ABCD* (fig. 10) l' orbita della terra e col circolo concentrico *abcd* la medesima orbita riferita alla sfera celeste, e supponiamo il sole nel centro comune *S*. Quando la terra è in *A*, il sole ci apparirà in *a* nella parte del cielo opposta relativamente al sole a quella in cui è la terra. Quando la terra è in *B*, il sole apparirà in *b* nella opposta parte, e mentre la terra passò da *A* in *B*, sarà sembrato che il sole abbia percorso il corrispondente arco *ab* nella opposta parte del cielo. Parimente sembrerà che il sole passi da *b* in *c* mentre la terra realmente passerà nella parte opposta da *B* in *C*, e finalmente che il sole percorra l' arco *cd* nel tempo che la terra percorre il corrispondente arco *CD*. Nel tempo adunque che la terra percorre tutta la sua orbita *ABCD* intorno al sole, apparir deve che il sole percorra intorno alla terra l' eclittica *abcd*. Nè la terra si accorgerà del suo moto e che passa da una parte all' altra diametralmente opposta della sua vastissima orbita e si crederà costantemente in quiete nel centro della sfera celeste, poichè in tutto il suo corso si giudicherà in una eguale distanza da tutti i varj punti della sfera medesima, essendo il diametro della orbita terrestre una quantità che svanisce appetto della infinita grandezza del raggio della celeste sfera.

182. L' eclittica è divisa in due parti eguali dall' equatore, essendo l' una e l' altro circoli massimi della celeste sfera. Una di queste parti rimane nell' emisfero boreale e l' altra nell' australe, e ognuna si divide in sei parti eguali, ciascuna di 30°. I dodici archi eguali nei quali in conseguenza resta divisa l' eclittica sono ciò che gli astronomi chiamano *segni celesti* di cui già conosciamo i nomi (70). Questi segni si cominciano sempre a computare dal punto in cui ritrovasi il sole col suo centro quando collo stesso entra nel piano dell' equatore mentre ascende dall' emisfero australe nel boreale. Questo punto suol chiamarsi *punto equinoziale di primavera*. Nel detto punto principia il segno dell' ariete, dopo un arco di 30° comincia quello del toro, 30° appresso quello dei gemelli, ecc.

183. Mentre la terra percorre la sua orbita, l' inclinazione dell' asse terrestre al piano dell' eclittica non si altera sensibilmente, poichè l' inclinazione dell' eclittica all' equatore non diminuisce che di un minuto di grado in un secolo, ma l' asse medesimo è dotato di un lentissimo moto intorno all' asse dell' eclittica. Per questo moto la direzione dell' asse terrestre relativamente alle stelle non conservasi sempre esattamente la stessa, e in fine di ogni anno il detto asse è inclinato del piccolissimo angolo di circa 50" alla direzione che aveva in principio dell' anno medesimo. Questo moto è diretto costantemente da oriente in occidente, siccome il moto apparente della sfera, e fa che nel lungo periodo di circa 26000 anni ciascun polo del mondo seguendo la detta direzione descriva intorno al rispettivo polo dell' eclittica un circolo eguale ai circoli polari.

184. Questo moto dell' asse produce necessariamente un analogo moto nel piano dell' equatore. In ragione che l' asse maggiormente piega verso occidente, ancora l' equatore piega verso la stessa banda, e i punti equinoziali per conseguenza devono ogni anno portarsi più verso occidente di circa 50". Il sole adunque nel suo apparente moto annuo incontrerà ogni anno il punto equinoziale di primavera avanti di aver percorsa tutta intiera l' eclittica, e sembrerà che esso punto gli sia venuto incontro di un arco di circa 50" dell' eclittica stessa. Se dunque in un dato anno il segno dell' ariete principia con una certa stella, l' anno seguente principierà più verso occidente di un arco di 50", dopo 100 anni sarà distante da quella stella 1° e 24' circa e dopo 2000 anni quasi

28°. Un secolo e mezzo circa prima dell' era cristiana, nel qual tempo il celebre astronomo Iparco faceva le sue osservazioni, il punto equinoziale di primavera ritrovavasi verso il mezzo della costellazione chiamata *ariete* e il segno di egual nome attraversava in conseguenza la costellazione medesima. Ancora gli altri segni si distendevano lungo le costellazioni da cui ebbero il nome. Ma presentemente il principio del segno dell' ariete è distante circa 28° dal punto in cui era al tempo d' Iparco, e il segno medesimo distendesi lungo la costellazione dei pesci. Parimente il principio di ognuno degli altri segni si allontanò di una eguale quantità verso occidente dalle stelle con cui coincideva all' epoca nominata. Ciò fa che siano cose assai differenti la *costellazione dell' ariete* per esempio e il *segno dell' ariete*. Le costellazioni dello zodiaco sono immobili, mentre i segni celesti procedono regolarmente di un arco di circa 50" ogni anno verso occidente. Il punto equinoziale di primavera occuperà successivamente col volgere dei secoli qualunque punto dell' eclittica, e da qui a circa 26000 anni occuperà di nuovo il punto in cui si vedeva da Iparco, per nuovamente scostarsene in egual modo. In questo consiste il fenomeno che chiamasi *precessione degli equinozj*, dal quale deriva la differenza tra l' anno tropico e l' anno siderale (67).

185. Se il punto *a* è il principio dell' arco corrispondente al segno dell' ♈, nel punto *b* distante 90° da *a*, prescindendo qui dalla precessione degli equinozj, comincierà il segno del ♋, nel punto *c* opposto diametralmente ad *a* principierà il segno della ♎, e nel punto *d* distante 90° da *c* avrà cominciamento il segno del ♑. Dunque quando il sole relativamente alla terra entra nell' ♈, la terra relativamente al sole entra nella ♎; quando il sole entra nel ♋, la terra entra nel ♑; e in generale quando si annunzia l' ingresso del sole in un segno qualunque dell' eclittica, devesi intendere l' ingresso della terra nel segno diametralmente opposto.

186. Poichè il sole entra nella ♎ mentre la terra entra nell' ♈, e nello ♏ mentre questa entra nel ♉, ecc., segue che ancora il moto apparente del sole seguir deve l' ordine dei segni celesti da occidente in oriente, siccome lo segue il moto reale della terra. Si può concepire che il sole e la terra occupino i due punti estremi del diametro di una vastissima ruota che circola intorno al suo centro seguendo sempre la direzione tracciata dai segni celesti. Per una tale

combinazione di situazione uno dei due corpi dovrà bensì percorrere la parte discendente della sua circolare trajettoria mentre l' altro ne percorre la parte ascendente, e mentre l' uno nella parte superiore va da destra a sinistra, l' altro nella parte inferiore dovrà andare da sinistra a destra, ma ciò è una conseguenza necessaria della loro situazione diametralmente opposta e della comune loro direzione.

187. Essendo l' orbita della terra una elisse avente il sole in un foco, la distanza della terra dal sole dovrà cambiare continuamente. Ciò rende ragione della differente grandezza apparente del sole nei diversi giorni dell' anno, essendo le grandezze apparenti degli astri reciprocamente come le distanze. Il sole ha la sua massima grandezza apparente alla fine di dicembre e la minima alla fine di giugno. Dunque nella prima di queste due epoche la terra si trova al perielio e nella seconda all' afelio. Questo punto presentemente è distante circa 9° dal principio del segno del ♑ e il perielio è parimente distante di una eguale quantità dal principio dell' opposto segno del ♋. Questi due punti estremi dell' asse maggiore dell' orbita terrestre hanno un lento moto di circa un minuto per ogni anno. Questo moto è diretto da occidente in oriente seguendo l' ordine dei segni.

188. Per causa della inclinazione dell' eclittica all' equatore il sole dopo l' equinozio di primavera va continuamente scostandosi dall' equatore e appressandosi al nostro zenit sino al giorno 21 giugno nel quale la sua distanza dall' equatore è la massima ed è misurata dallo stesso arco di 23° e 28' che misura la inclinazione dell' eclittica all' equatore. Ma l' arco dell' eclittica che si percorre dal sole nel detto giorno 21 giugno e in alcuni giorni successivi è o paralello o quasi paralello all' equatore. Per questo tratto di tempo adunque apparirà che il sole nè si discosti nè si appressi all' equatore. Tale apparenza fece dare a quest' epoca il nome di *solstizio estivo*. Lo stesso fenomeno si ripete quando il sole arriva nella sua massima distanza dall' equatore nell' emisfero australe il giorno 21 dicembre. In detto giorno e in alcuni giorni susseguenti il sole si mantiene sensibilmente in una eguale distanza dall' equatore. Questa apparenza che si chiama *solstizio jemale* è prodotta dalla stessa cagione che produce il solstizio estivo: l' arco dell' eclittica che in detta epoca il sole percorre è paralello o quasi paralello all' equatore. Non

essendo l' apparente moto del sole che una conseguenza del moto reale della terra lungo la sua orbita, segue che la vera cagione dei due solstizj sta nel sensibile paralellismo all' equatore degli archi che la terra descrive nei detti giorni nei quali è molto vicina agli apsidi di sua orbita.

189. La velocità con cui il sole si avanza lungo la eclittica varia insieme colle stagioni. A percorrerne per esempio la metà che si distende nell' emisfero boreale impiega 187 giorni, che tanti s' interpongono tra il 20 marzo giorno equinoziale di primavera e il 23 settembre giorno equinoziale di autunno, mentre a descriverne l' altra metà non richiede che i rimanenti 178 che mancano al compimento dell' anno. Questa differenza dipende dalla diversa velocità con cui la terra procede nella sua orbita secondo la sua differente distanza del sole (139). Ora dal 20 marzo al 23 settembre la terra descrive di sua orbita la parte superiore in cui avvi l' alto apside o l' afelio, e dal 23 settembre al 20 marzo ne descrive la parte inferiore ove trovasi il basso apside o il perielio.

190. Questa stessa cagione produce la differenza che si osserva nelle durate dei veri *giorni solari*. In corrispondenza alla differente velocità con cui la terra si avanza nella sua orbita, ancora il sole appare avanzarsi con differente velocità lungo l' eclittica. Quindi l' eccesso del giorno solare sopra il giorno sidereo dovrà variare insieme colla velocità della terra, essere minimo quando questa velocità è minima, e massimo quando la medesima è massima.

191. A variare l' eccesso del giorno vero solare sopra il giorno sidereo concorre ancora l' obbliquità dell' eclittica all' equatore. Se il sole descrivesse invece dell' eclittica l' equatore o un circolo paralello a quest' ultimo, il suo avanzarsi di una eguale quantità verso oriente produrrebbe sempre un eguale eccesso nel giorno solare sopra il sidereo. Ma non più succede la medesima cosa avanzandosi esso lungo l' eclittica, poichè se si prendono archi eguali di questo circolo, dessi dovranno impiegare differente tempo a passare sotto il meridiano, secondo che sono più o meno obbliqui o paralelli all' equatore.

192. Il moto delle macchie solari e la diversità di loro apparente grandezza secondo che si scorgono presso i margini o nel mezzo del disco sono effetti del moto rotatorio del sole e dalla sua figura sferica (74, 134, 135).

193. Il tempo che impiega il sole a compiere una sua ro-

tazione è 25 giorni e qualche minuto (134); nonostante è circa 27 giorni il tempo che scorre da che vediamo partire una macchia dal centro del disco solare sino al punto in cui ve la scorgiamo un' altra volta. Questo ritardo è cagionato dal moto della terra la quale in quel tempo, seguendo la medesima direzione della rotazione solare, s' innoltra di un grande arco di sua orbita. La detta macchia adunque dopo di aver compiuta un' intiera rivoluzione, avanti di nuovamente incontrare la linea che congiunge l' occhio dell' osservatore col centro solare dovrà ancora percorrere un arco corrispondente a quello descritto dalla terra dal principio della predetta rivoluzione sino al punto che incontra la notata linea.

Spiegazione della successione delle stagioni.

194. La successione delle stagioni dipende dal moto progressivo della terra lungo la sua orbita e dalla costante inclinazione del suo asse al piano dell' orbita medesima.

195. Essendo di 23° e 28' l' inclinazione dell' eclittica all' equatore, sarà di 66° e 32' l' inclinazione dell' asse terrestre al piano della medesima eclittica: infatti questa inclinazione deve eguagliare il complemento dell' angolo formato dal piano dell' equatore con quello dell' eclittica.

196. Se l' asse della terra fosse perpendicolare all' eclittica, e però se il piano dell' eclittica coincidesse con quello dell' equatore, non vi sarebbe alcuna vicissitudine nelle stagioni, poichè al punto del mezzodì quelli che vivono sulla linea del terrestre equatore avrebbero sempre il sole al loro zenit, quelli che vivono nelle differenti latitudini l' avrebbero sempre egualmente elevato sopra dell' orizzonte, e per tutta la terra sarebbero sempre i giorni eguali alle notti, siccome lo sono nei giorni equinoziali di primavera e di autunno. Ma essendo l' asse terrestre inclinato all' eclittica, la cosa deve succedere differentemente. Il globo terrestre esporrà ai raggi solari ora maggiormente l' emisfero boreale, ora maggiormente l' australe ed ora ambidue egualmente. L' orbita *ABCD* (fig. 11) rappresentanti l' orbita terrestre, nel centro si supponga il sole, e i quattro globetti *A*, *B*, *C*, *D* distanti uno dall' altro un' quarto dell' orbita e aventi ciascuno il centro *c* in un punto della circonferenza dell' orbita stessa rappresentino il globo terrestre nelle corrispondenti situazioni della sua reale orbita. La retta *pq* sia l' asse della terra, *p* ne sia il polo boreale e *q* l' australe; la retta *am* ne rap-

presenti l' equatore, la *bn* il tropico del cancro, la *do* quello del capricorno, gli archi *er*, *fg* i circoli polari, ed il circolo *paqm* un meridiano. Il globo terrestre in tutto il suo corso annuo conserva il suo asse sempre sensibilmente diretto verso le medesime stelle e per conseguenza sempre paralello alle direzioni che aveva precedentemente e sempre egualmente inclinato all' eclittica, ciò che abbiam pur voluto rappresentare nella figura in cui gli assi *pq* dei quattro globetti *A*, *B*, *C*, *D* sono tutti tra loro paralelli. Suppliamo inoltre colla immaginazione a ciò che la figura dura fatica a rappresentare, e concepiamo che mentre la terra è in *B* o in *D* la retta *cS* condotta dal centro terrestre al solare sia perpendicolare all' asse *pq*, che mentre la terra è in *A* la nominata retta *cS* incontri il medesimo asse *pq* sotto l' angolo $pcS = 66° 32'$ e che quando è in *C* lo incontri sotto l' angolo $pcS = 113° 28'$, eguale cioè al supplemento dell' angolo di 66° 32' che misura l' inclinazione dell' asse terrestre all' eclittica. Notiamo finalmente che in qualsivoglia posizione il globo terrestre si presenti al sole non ne rimane illuminata che circa una metà, e che questa metà illuminata è sempre in tale maniera divisa dall' altra che rimane nelle tenebre, come se la terra fosse realmente divisa in due emisferi da un suo circolo massimo che avesse per asse la retta che congiunge il centro solare col terrestre. A questo circolo daremo il nome di *circolo d' illuminazione*. Ciò premesso cerchiamo d' intendere come la posizione del terrestre globo rappresentata dal globetto *A* debba nell' emisfero boreale causare la state e nell' australe l' inverno, come quella rappresentata dal globetto *C* debba apportare la state all' australe emisfero e l' inverno al boreale, e come le posizioni intermedie *B*, *D* debbano produrre le intermedie stagioni di autunno o di primavera.

197. La posizione del globetto *A* rappresenta quella che ha la terra relativamente al sole nei giorni del solstizio estivo nei quali il sole entra nel ♋ e la terra nel ♑. In tale epoca la distanza del sole dall' equatore essendo eguale all' inclinazione dell' eclittica all' equatore, la linea *Sc* condotta dal centro solare al terrestre incontrerà normalmente la superficie terrestre in un punto *n* distante 23° e 28' dall' equatore e nella diurna rivoluzione traccierà sulla terrestre faccia la cir-

conferenza del tropico del cancro. In tale epoca adunque quei che abitano in detta latitudine al punto del mezzodì avranno il sole al proprio zenit, e il circolo d' illuminazione si distenderà in maniera che nel centro della terra ne incontrerà l' asse sotto un angolo *ecp* di 23° e 28'. In tale epoca adunque a formare l' emisfero illuminato *emgce* entra con la sua massima parte *ecmre* l' emisfero boreale, e colla sua parte minore *cgmc* l' emisfero australe. Inoltre tutta la zona che distendesi tra il circolo polare artico *er* ed il polo *p* è compresa nel detto emisfero illuminato, e tutta la opposta zona contenuta tra il circolo polare antartico *fg* ed il polo australe *q* rimane nell' emisfero oscuro. Dunque in questa epoca nella diurna rivoluzione della terra intorno al suo asse *pq* il sole non tramonterà mai per la zona glaciale boreale *erp* la quale goderà di un perpetuo giorno, nè mai nascerà per la zona opposta *fgq* che rimarrà in una perpetua notte: gli abitatori poi del rimanente dell' emisfero boreale avranno i giorni più lunghi delle notti e tanto più lunghi quanto più è grande la loro latitudine. Infatti deve per ciascuno rimanere tanto più a lungo il sole sopra il suo orizzonte, quanto del circolo paralello che passa alla sua latitudine è più grande la parte che rimane nell' emisfero illuminato. Ora dall' equatore sino al circolo polare i circoli paralelli sono divisi in modo dal circolo d' illuminazione che non solo le parti che rimangono nell' emisfero illuminato sono sempre maggiori di quelle che restano nell' oscuro, ma di più questa maggioranza aumenta continuamente colla latitudine fino al punto che diviene eguale a tutto il circolo, ciò che succede nella latitudine di 66° e 32' nella quale principia la zona glaciale. Deve succedere precisamente l' opposto a chi abita l' emisfero australe. Ivi le notti supereranno in lunghezza i giorni, e tanto più quanto più crescerà la vicinanza della zona glaciale in cui regna la perpetua notte. Infatti le porzioni dei circoli paralelli esposte alla luce sono tutte minori di quelle che restano nelle tenebre e l' eccesso di queste aumenta insieme colla latitudine fino al punto che diviene zero la parte che rimane nella luce, il che succede al principiare della zona glaciale. La rappresentata posizione della terra ingenera dunque la state per l' emisfero boreale e per l' australe l' inverno.

198. La posizione del globetto *C* rappresenta quella della

terra nei giorni del solstizio jemale in cui il sole entra nel ♑ e la terra nel ♋. In questa posizione l' emisfero australe relativamente al sole è nelle medesime circostanze in cui era il boreale mentre la terra era in *A*, e l' emisfero boreale è in quelle in cui allora si trovava l' australe. La linea *Sc* nella diurna rivoluzione traccierà sulla superficie terrestre la circonferenza del tropico del capricorno, i giorni supereranno in lunghezza le notti in tutto l' emisfero australe, e nel boreale le notti saranno più lunghe dei giorni. La zona glaciale australe goderà un perpetuo giorno, e avrà una perpetua notte la zona glaciale boreale. La rappresentata posizione adunque apporta all' australe emisfero la state e al boreale l' inverno.

199. La posizione del globetto *B* rappresenta quella della terra nell' equinozio di autunno, nel quale il sole entra nella ♎ e la terra nell' ♈; e la posizione del globetto *D* indica quella della terra nell' equinozio di primavera in cui il sole entra nell' ♈ e la terra nella ♎. In queste due epoche il centro solare giace nel piano medesimo dell' equatore e in conseguenza la linea *Sc* che unisce i due centri solare e terrestre distendendosi lungo il piano equatoriale e penetrando nel globo terrestre in un punto spettante alla circonferenza dell' equatore incontrerà l' asse terrestre ad angolo retto, e però il circolo d' illuminazione passando per ambidue i poli terrestri normalmente all' equatore ed a tutti i circoli paralelli dividerà in due parti eguali tutti i medesimi circoli. In conseguenza in ambidue gli emisferi boreale ed australe e in ogni latitudine dei medesimi in dette epoche i giorni saranno eguali alle notti, gli abitatori della linea equatoriale avranno al punto di mezzodì il sole allo zenit e tutti gli altri all' altezza in cui scorgono le stelle del celeste equatore. Le dette posizioni *B* e *D* della terra apportano dunque i fenomeni dei giorni equinoziali di autunno e di primavera. Poichè l' emisfero boreale ha la state mentre la terra è in *A* e questa procede secondo l' ordine dei segni da *A* in *B*, *C*, *D*, segue che mentre la terra giunge in *B* per l' emisfero boreale comincia l' autunno e per l' australe la primavera, e che mentre la terra arriva in *D* comincia l' autunno per l' emisfero australe e pel boreale la primavera.

200. Non abbiamo considerato che la posizione della terra

nelle quattro epoche più notabili dell' anno, nei due solstizj e nei due equinozj. Nei tempi frapposti le posizioni della terra sono medie tra le descritte e in conseguenza medj ne sono ancora gli effetti. Partita che sia la terra da *D* procedendo verso *A*, la linea *Sc* penetra in essa in punti situati nell' emisfero boreale e successivamente più distanti dall' equatore fin che arriva al tropico del cancro; in conseguenza il circolo d' illuminazione comincia subito a passare al di là del polo boreale verso *e* e al di qua dell' australe verso *g*, facendo così rimanere delle berrette successivamente più grandi della zona glaciale boreale nell' emisfero illuminato e della zona glaciale australe nell' emisfero oscuro, e a dividere in parti successivamente più disuguali i circoli paralelli, intromettendo sempre nell' emisfero illuminato la parte più grande dei paralelli dell' emisfero boreale e la sola parte minore dei paralelli dell' australe emisfero. I giorni adunque nell' emisfero boreale e le notti nell' emisfero australe si allungheranno sempre più fino al solstizio estivo in cui avranno la massima lunghezza. Passato questo limite la linea *Sc* comincia di nuovo ad appressarsi gradatamente all' equatore, ciò che produce una graduata e successiva diminuzione nell' angolo *ecp* formato dal circolo d' illuminazione coll' asse terrestre, il qual angolo diviene nullo al pervenire della terra in *B*. Nei tre mesi adunque che la terra impiega a passare da *A* in *B* il giorno gradatamente diminuirà nel boreale emisfero e aumenterà nell' australe. Seguiterà ad aumentare nell' australe e a decrescere nel boreale nei tre mesi in cui la terra passa da *B* in *C*, e dopo questo limite cominceranno un' altra volta ad accorciarsi gradatamente nell' australe emisfero e ad aumentare nel boreale, ciò che facilmente s' intenderà ripetendo per le successive situazioni della terra i già fatti riflessi.

Spiegazione delle fasi lunari.

201. La luna, essendo sferica e non essendo risplendente se non in quanto è illuminata dal sole, è sempre divisa in due emisferi uno *illuminato* e l' altro *oscuro* da un *circolo d' illuminazione* il quale ha per asse la retta che congiunge i due centri solare e lunare. Atteso la medesima sfericità, quantun-

que tutta fosse illuminata, non ne potremmo vedere in un dato istante se non quell' emisfero che nell' istante stesso ci rivolge e che è determinato da un suo circolo massimo, chiamato *circolo di visione*, il quale ha per asse la retta che passa dal centro terrestre al lunare. Essendo poi illuminata in un solo emisfero, non potremo in un dato istante vedere in tutto o in parte nè pure l' emisfero che nell' istante medesimo ci rivolge, se non entra in tutto o in parte a costituire l' emisfero iluminato. Ma questo emisfero, secondo la differente posizione in cui si trova successivamente la luna lungo la sua orbita, ora ci è interamente nascosto, rivolto essendo verso l' opposta plaga del cielo, ora entra con una sua piccola parte, ora con una maggiore a formare l' emisfero a noi rivolto ed ora si confonde con quest' ultimo. Ecco donde derivano le differenti fasi lunari. Ma particolarizziamo meglio la cosa servendoci della figura 12ª. Supponiamo che il sole sia in *S*, in *T* la terra, e che il circolo *ABEG* sia la curva che si traccia dalla luna in un mese sinodico. Il globetto *A* avente il centro sulla retta *ST* condotta dal centro solare al terrestre e gli altri sette globetti *B*, *C*, ... distribuiti ad eguali intervalli lungo l' orbita stessa rappresentino la luna nelle sue corrispondenti posizioni. La retta *mn* che attraversa questi globetti passando pel centro in direzione normale alla *ST* che congiunge i centri solare e terrestre e che atteso la immensa distanza del sole è quasi esattamente paralella alla retta che in qualsivoglia delle indicate posizioni può condursi dal centro solare al lunare sia il diametro del circolo d' illuminazione che divide la luna nei due emisferi illuminato ed oscuro, il quale ultimo è indicato nella figura con una carica ombreggiatura. L' altro diametro *pq* dei medesimi globetti il quale incontra ad angolo retto la retta *Tc* condotta dal centro terrestre al lunare sia il diametro del circolo di visione. Si supponga finalmente che il moto della luna lungo la sua orbita *ABEG* si faccia passando da *A* in *B*, *C*, ecc. e che questa direzione rappresenti quella da occidente in oriente tracciata in cielo dai segni celesti. Quando la luna ritrovasi tra il sole e la terra dicesi in *congiunzione* col sole, e quando la terra ritrovasi in mezzo tra il sole e la luna, quest' ultima dicesi in *opposizione*. La prima di queste due posizioni è indicata dal globetto *A* e la seconda dal globet-

to *E*. Dicesi che la luna *è nella prima quadratura* o che *fa il primo quarto* quando arriva in *C* in una distanza angolare $STC = 90^\circ$ dalla retta *ST* che congiunge il centro solare col terrestre; e dicesi che *è nell' ultima quadratura* o che *fa l' ultimo quarto* quando giunge in *G*, nel qual punto si compiono i tre quarti della sua *sinodica rivoluzione* o del cammino che far deve la luna dal momento che parte dalla sua congiunzione col sole fino a che ritorna a ricongiungersi col medesimo.

202. Ciò posto, per sapere qual fase corrisponda a ciascuna delle indicate posizioni lunari basta osservare nella figura se nella posizione che si considera l' emisfero rivolto verso la terra è tutto oscuro o se tutto illuminato o se illuminato solamente in parte e quale e quanta sia questa parte. Ciò osservando si rileva subito che mentre la luna è in *A* in congiunzione col sole, essa rivolge alla terra tutto il suo emisfero oscuro, che però non ne possiamo vedere parte veruna e quindi abbiamo il fenomeno del *novilunio* (76); che quando è in *B* in una distanza angolare $STB = 45^\circ$ dal sole, appartenendo all' emisfero illuminato la quarta parte *pcm* dell' emisfero *pBq* a noi rivolto, dobbiamo vedere una quarta parte del suo disco; che quando è in *C* nella sua prima quadratura dobbiamo vedere la metà del suo disco, essendo l' emisfero *pCq* a noi rivolto illuminato nella sua metà *pcm*; che quando è in *D* in una distanza angolare $STD = 135^\circ$, entrando per tre quarti l' emisfero illuminato a formare l' emisfero a noi rivolto, dobbiamo vedere tre quarti del suo disco; che quando è in *E* in opposizione ne dobbiamo vedere l' intiero disco e quindi avere il *plenilunio*, rivolgendoci essa allora tutto il suo emisfero illuminato; che quando è in *F* dobbiamo vedere tre quarti di disco, due quarti quando è in *G* nell' ultima quadratura, ed un quarto quando è in *H*, corrispondendo rispettivamente queste tre posizioni a quelle *D*, *C*, *B*; finalmente che quando sarà nelle posizioni intermedie a quelle segnate nella figura, saranno corrispondentemente intermedie ancora le quantità illuminate del suo disco, poichè crescono in una medesima ragione le distanze angolari *STc* della luna dal sole e le inclinazioni *pcm* dei due circoli d' illuminazione e di visione, dovendo l' angolo *pcm* formato dai due circoli nell' intersecarsi essere eguale a quello *STc* sotto cui s' incrocicchiano i due rispettivi assi.

203. La luna nel tempo di sua congiunzione col sole, deve nascere, culminare e tramontare insieme col sole. Quando poi è nella prima quadratura, essendo allora in una distanza angolare dal sole di 90° verso oriente, nascerà mentre il sole culmina, culminerà mentre il sole tramonta e tramonterà a mezza notte. Mentre poi è in opposizione, in una distanza cioè dal sole di 180° verso oriente, dovendo allora i due astri contemporaneamente passare per le opposte parti dei circoli massimi della sfera, la luna leverà nell' atto che il sole tramonta, culminerà nel punto di mezza notte e tramonterà al sorgere del sole. E quando ritrovasi nell' ultima quadratura, essendo allora 270° più verso oriente del sole, non nascerà che al punto di mezza notte e culminerà al nascere del sole. Quando finalmente sarà nelle posizioni intermedie, nascerà, culminerà e tramonterà nelle corrispondenti epoche intermedie della giornata; tramonterà dopo il sole e prima della mezza notte in tutto il tempo tra il novilunio e il primo quarto, e quanto sarà più prossima a quella o a questa fase, sarà proporzionatamente più o meno distante dalla mezza notte ancora il suo tramontare; tra il primo quarto e il plenilunio tramonterà tra la mezza notte e il nascere del sole, più presso a questa o a quell' epoca secondo la sua maggiore o minore distanza dall' opposizione; dal plenilunio all' ultimo quarto nasce dopo che il sole è tramontato e prima della mezza notte, e dall' ultimo quarto al novilunio nasce tra la mezza notte e il sorgere del sole, e tanto più presso a quest' ultima epoca, quanto è più prossima a ricongiungersi col sole. Dunque la luna tra il novilunio e il plenilunio, nel qual tempo cresce, ci illumina le sere, e tra il plenilunio e il novilunio, nel qual tempo cala, ci illumina le mattine. La luna piena illumina tutta la notte, e la porzione illuminata delle notti cresce o cala di giorno in giorno nella stessa ragione in cui cresce o cala la parte illuminata della faccia lunare a noi rivolta. Dall' ora adunque in cui la luna nasce, culmina o tramonta, dalla differente parte che illumina di una qualsivoglia notte e dalla differente porzione che vedesi del suo disco si può sempre dedurre se cresce o se cala e in quale distanza angolare ritrovasi dal sole.

204. La convessità della parte illuminata del disco lunare,

la quale è sempre necessariamente rivolta verso il sole, guarda all' occidente in tutto il tempo che la luna cresce e all' oriente in tutto il tempo che la luna cala, donde venne il proverbio: *luna gobba a ponente*, *luna crescente*; *luna gobba a levante*, *luna calante*. Eccone il perchè: la rivoluzione diurna della terra da occidente in oriente fa che il nostro zenit corrisponda successivamente a differenti punti del cielo. Supponiamo per più semplicità che la stessa orbita lunare *ACEG* si distenda in un piano verticale normale al meridiano, supposizione che non può rendere punto difettoso questo nostro ragionamento. In tale ipotesi il nostro zenit, se a mezzodì corrisponde al punto *A*, a tre ore corrisponderà al punto *B*, a sei al punto *C* e così successivamente. Ma mentre per esempio il nostro zenit è in *C*, la retta *AE* sarà la sezione del nostro orizzonte col suddetto piano verticale, e poichè vedremo tramontare il sole in *A*, questo punto per noi così situati sarà l' occidente e il punto opposto *E* l' oriente. Ma lo zenit dal punto *C* passa nei successivi punti *D*, *E*, *F*, *G*, ecc., e unitamente allo zenit ancora i punti opposti dell' orizzonte da noi chiamati occidente e oriente si avvanzano di eguali quantità in egual tempo: però il nostro occidente dopo sei ore sarà in *C* e l' oriente in *G*, e dopo sei altre il primo sarà iu *E* e l' altro in *A*. Ora siccome appare chiaramente nella figura, la luna crescente volge la sua convessità illuminata verso quei punti ove successivamente si porta il nostro occidente, e la luna calante verso quelli ove successivamente si porta il nostro oriente.

205. L' emisfero lunare che guarda alla terra vedrà sulla faccia di questa avvicendarsi le stesse fasi che noi vediamo sulla faccia lunare; in maniera però che nel tempo del novilunio i *lunicoli* avranno, sia lecito dire, la *terra piena*, nel tempo della 1.ª quadratura *l' ultima quadratura della terra*, nel tempo del plenilunio la *terra nuova*, e in quello dell' ultimo quarto *il primo quarto della terra*. Per persuaderci di ciò basta gittare lo sguardo sulla figura. Mentre la luna è in *A*, l' emisfero terrestre alla luna rivolto è tutto illuminato, tre quarti soltanto ne sono illuminati per la luna in *B*, una sola metà per la luna in *C*, un solo quarto per la luna in *D*, e per la luna in *E* non ne è illuminata parte veruna. Ne sarà nuovamente illuminata una quarta parte per la luna in *F*, una

metà per la luna in G, tre quarti per la luna in H e quindi un' altra volta sarà illuminato intieramente per la luna in A. Mentre dunque noi vediamo *crescere la luna*, gli abitatori lunari vedranno *calare la terra*, e mentre noi vediamo *calare la luna*, essi vedranno *crescere la terra*. Mentre la luna è in congiunzione e nelle vicinanze della medesima, il suo emisfero a noi rivolto verrà rischiarato dalla luce che *la terra piena* riflette sopra la medesima, nella maniera stessa che la *piena luna* dirada le oscurità delle nostre notti. Succederà la stessa cosa a quella parte del suo emisfero oscuro che forma parte di quello a noi rivolto in tutto il tempo che può scorgere qualche porzione di terra illuminata *calante* o *crescente*. Ma questa illuminazione dovendo essere proporzionale alla porzione illuminata dell' emisfero terrestre rivolto alla luna sarà massima mentre la luna è in congiunzione e nelle vicinanze della medesima, e ancora sufficientemente grande in tutto il tempo che scorre tra la congiunzione e il primo quarto e tra l' ultimo quarto e la congiunzione. Ciò ci somministra la spiegazione di un noto fenomeno. Nei due intervalli di tempo ora notati, quantunque una piccola parte dell' emisfero lunare a noi rivolto appartenga all' emisfero illuminato, nonostante ne vediamo per mezzo di una smorta e cenerina luce ancora la rimanente parte. Questa debole luce dipende dalla descritta illuminazione prodotta dalla terra sulla luna. Una porzione della luce solare che si riflette dalla terra incontra la faccia lunare, e da questa ne viene di nuovo rimandata sulla terra una quantità sufficiente a farci vedere la parte della faccia lunare non esposta alla luce diretta del sole. Se non vediamo il globo lunare quando è in congiunzione o vicinissimo alla medesima, nel qual tempo è massima la descritta illuminazione dipendente dalla terra, ciò dipende dalla sua troppa vicinanza al sole, col quale o presso al quale sorge e tramonta. Ma se avviene che il globo lunare s' interponga tra la terra e il sole in maniera che ci privi della vista di quest' ultimo, allora non più essendo abbagliati dalla viva luce solare, ci diviene sensibile ancora la debole luce che l' emisfero lunare a noi rivolto riceve dalla terra.

206. Osservando col mezzo di un cannocchiale il disco lunare si vede che la parte illuminata è separata dalla oscura non da una retta linea, siccome dovrebbe apparire se la superficie lunare non fosse scabrosa, ma da una linea affatto irregolare e che andando a ghirigori ora s' incurva verso l' emisfero illuminato ed ora verso l' oscuro, in guisa che presso al limite de' due emisferi si scorgono moltissimi tratti illuminati che sono circondati lateralmente da tratti oscuri. Oltre di questo nelle vicinanze dello stesso limite si discernono assai punti illuminati che sono staccati intieramente dall' illuminato emisfero. La distanza di alcuni di questi punti dal detto emisfero arriva sino ad eguagliare la decima parte del raggio del globo lunare. Questi fenomeni dipendono dalla grande scabrosità della lunare superficie, cioè dalle molte ed eminenti montagne e dalle corrispondenti vallate ond' è tutta disseminata. La parte più elevata di quelle montagne volta verso oriente riceve i raggi solari avanti delle parti meno elevate, e queste li ricevono prima della sottoposta valle, e il tempo che scorre tra queste successive illuminazioni dipende dalla rispettiva differenza di livello. Inoltre le stesse montagne gettano l' ombra dietro a sè, e però sulla loro falda occidentale e sulle adiacenti lande giungono tanto più tardi i raggi solari, quanto più le montagne stesse sono elevate. Sarà analogo al descritto il fenomeno che avverrà al tramontare del sole. I piani saranno i primi a perderne l' aspetto, poi lo perderanno le falde occidentali dei monti, e finalmente i vertici dei medesimi; e l' ombre di questi l' avranno rapito alle proprie falde orientali e ai piani sottoposti, mentre i siti adiacenti ove non si ergono prominenze ancora ne goderanno. La linea adunque che separa la luce dalle tenebre all' appressarsi del sole all' orizzonte di un dato punto del globo lunare, se il globo stesso è tutto disseminato di montagne e di vallate, non potrà essere se non affatto irregolare; l' apparire poi sempre questa linea realmente irregolare, e tale precisamente quale dovrebbe essere se la faccia lunare fosse tutta montuosa, ci persuade che la faccia lunare è realmente tutta disseminata di montagne, e di vallate. Sulla faccia terrestre vediamo succedere ogni mattina

ed ogni sera per causa delle montagne un fenomeno eguale al descritto, e ciò rende indubitabile la esposta spiegazione.

207. Gli Astronomi misurarono la massima distanza dall' emisfero illuminato di alcuni di quei punti illuminati che riguardano come vertici di montagne, e dalla medesima distanza dedussero l' altezza delle montagne medesime. Il circolo *ABEF* (fig. 13) rappresenti il globo lunare, il semicircolo *ABE* l' emisfero illuminato, il diametro *AE* il circolo d' illuminazione e il semicircolo *AFE* l' emisfero oscuro. Se al di là del circolo *AE*, in *D*, per esempio, ergerassi una montagna *DM*, la sua cima potrà arrestare molti di quei raggi solari che, come *SA*, passano vicinissimi al globo lunare in direzione normale al raggio *CA* del circolo d' illuminazione. Questa cima potrà quindi essere perfettamente illuminata, mentre nello spazio che giace tra la cima stessa e il circolo d' illuminazione non giungerà verun raggio diretto di luce. La distanza *AM* del limite *A* dell' emisfero illuminato dal vertice illuminato *M* della montagna *DM* sarà come l' angolo ottico sotto cui si vede la distanza medesima. Per alcune determinate montagne quest' angolo, secondo Galileo che primo le vide e misurò, è uguale alla decima parte e secondo Evelio alla sola tredicesima parte di quello sotto cui vediamo il semidiametro lunare. Se dunque facciamo il raggio lunare $CA = 1$, secondo Galileo sarà $AM = 0{,}1$ e secondo Evelio, $AM = 0{,}0769$. Ma conosciuto *AM*, ecco con quanta facilità si deduce l' altezza *DM* della montagna. Condotto col pensiere il raggio *CD* e prolungato sino in *M*, la *AM* è evidentemente la tangente e la *CM* la secante dell' angolo *ACD*. Per avere il valore di questa in parti del raggio $AC = 1$ basterà osservare sulle tavole ove le linee trigonometriche sono espresse in parti del raggio $= 1$ quale valore abbia la secante dell' angolo che ha una tangente $= AM$. Sottratta allora dalla espressione numerica di detta secante l' unità, il residuo esprimerà l' altezza *DM* in parti del raggio lunare.

Alla tangente $= 0{,}1$, che è quella dell' angolo di 5° e 43', corrisponde una secante $= 1{,}0049982$, e alla tangente $= 0{,}0769$, che è quella dell' angolo di 4° e 24', corrisponde una secante $= 1{,}002956$. Dunque secondo Galileo l' altezza $DM = 0{,}0049982$ e secondo Evelio è $= 0{,}002956$ del raggio lunare.

La lunghezza del raggio lunare è 937 miglia italiane (152). Dunque per aver l' altezza DM ancora in miglia basterà moltiplicare le ritrovate espressioni per 937. Così avrete secondo Galileo $DM = 4,68$ e secondo Evelio $DM = 2,77$ miglia.

208. Sulla faccia lunare ergonsi adunque delle montagne siccome sulla faccia terrestre, e se ne esprimiamo l' altezza colla ragione dell' altezza medesima al raggio del rispettivo astro, vediamo che le montagne lunari sono in proporzione notabilissimamente più alte delle terrestri (98).

209. Gli Astronomi disegnarono la faccia lunare quale si vede coi telescopi. In questi disegni, detti *carte selenografiche*, sono indicate le montagne, le vallate e le altre inegualità della faccia lunare. Questi oggetti ebbero i proprj nomi, ed i precipui monti ebbero quelli dei più meritevoli Astronomi.

Atmosfera lunare.

210. L' aspetto delle macchie lunari non è soggetto a veruna alterazione. Ciò mostra che la luna è priva d' atmosfera. Se ne avesse una analoga alla nostra, in essa pure si avvicenderebbero le nubi ed il sereno e ciò produrrebbe una rilevante differenza d' aspetto nella faccia lunare. Da ciò stesso deducesi che la luna è priva di liquidi. Poichè se ne avesse, non ritrovando nella pressione atmosferica un ostacolo ad evaporare, formerebbero in breve tempo un' atmosfera di vapori la quale avrebbe comuni colla nostra molte proprietà. Ancora altri fenomeni ci provano questa mancanza d' atmosfera lunare; se questa esistesse, s' infievolirebbe a poco a poco la luce degli astri quando si accostano al disco lunare, e per effetto della rifrazione si continuerebbe a vederli ancora per tutto o quasi tutto il tempo che tra essi e noi è interposta la luna. Questo effetto diverrebbe specialmente sensibile negli eclissi solari, nei quali non dovremmo mai perdere intieramente l' aspetto del sole. Ma al contrario gli astri conservano tutto il loro splendore sino al momento che tra essi e l' occhio nostro s' interpone il globo lunare, e cessano di esserci visibili per tutto quel tempo che il calcolo mostra richiedersi acciò un dato astro che viene dalla luna eclissato emerga dall' eclisse. Ma se la luna è priva d' atmo-

sfera e di liquidi, sarà mancante eziandio d'animali analoghi ai terrestri. Alcuni Astronomi nonostante, appoggiati ad alcune apparenze, credono che intorno alla luna distendasi una tenuissima atmosfera che giunga ad un' altezza poco maggiore di 200 piedi.

Degli Eclissi lunari.

211. Il globo terrestre come opaco ed esposto alla luce solare getta dietro a sè un' ombra che ha la figura di un cono a base prossimamente circolare e per asse il prolungamento della retta linea che congiunge il centro solare col terrestre (V. Mollet Fisica t. 5, pag. 21, n. 1172, 1173). In quest' ombra che si prolunga a grandissima distanza rimane non di rado ravvolta la luna, la quale intanto, non essendo percossa dalla luce dal sole, cessa di comparire lucente. Tale fenomeno chiamasi *eclisse lunare.*

212. La luna nello immergersi nell' ombra terrestre e nello emergere dalla stessa impiega un certo tempo, e le varie parti del suo disco, lungi dall' eclissarsi o riprendere il perduto lume nello stesso istante, si eclissano o s' illuminano successivamente le une dopo le altre a proporzione che penetrano nell' ombra o che ne sortono. Intanto la parte non eclissata del disco lunare è costantemente separata dalla eclissata da un arco circolare che rivolge la sua concavità verso quest' ultima. Ciò dipende dalla figura dell' ombra terrestre ed è una prova della rotondità della terra (97).

213. Il suddetto cono d' ombra, che pur dicesi *ombra pura*, è tutto attorniato dalla *penombra*, da uno spazio cioè che non riceve luce dall' intiero disco solare ma solamente da una sua parte, e questa tanto più piccola quanto più il punto che si considera è presso all' ombra pura (V. Mollet l. c. n. 1177). Deriva da ciò che la luna vada a poco a poco perdendo di sua chiarezza a proporzione che si appressa all' ombra pura, parimente che all' emergere dalla stessa non riacquisti se non gradatamente la lucentezza e questa non sia perfetta se non quando è uscita ancora dalla penombra.

214. La luna non cessa generalmente di essere visibile nè pure intanto che è tutta immersa nell' ombra pura. Eccone il perchè. Della luce solare che penetra nell' atmosfera terrestre

con una direzione tale che se l' atmosfera stessa operasse nulla sopra lei procederebbe oltre senza incontrare nè la terra nè l' ombra terrestre, la massima parte è riflessa, un' altra parte è piegata dalla rifrazione in maniera che viene ad incontrare la faccia terrestre, una piccola parte finalmente giunge ad emergere dal mare aereo, ma questa per causa della sofferta rifrazione è fornita di un notabile grado di convergenza verso l' asse dell' ombra stessa. Questa luce dirada alquanto l' ombra nominata, può eziandio restringerne alquanto ed accorciarne il cono ed è quella che in quasi tutti gli eclissi illumina di una luce pallida e rossastra il disco lunare quanto basta per essere da noi veduto.

215. La rifrazione che soffriranno questi ultimi raggi in attraversando tutta l' atmosfera sarà prossimamente doppia di quella che soffrono i raggi di luce che ci fanno vedere gli astri mentre sono all' orizzonte e che dicesi *rifrazione orizzontale.* Questa è conosciuta ed è prossimamente eguale a 33', il che vuol dire che quei raggi che erano paralelli alla retta che unisce il centro dell' astro al terrestre acquistano nell' attraversare la metà del mare aereo una convergenza di 33' colla retta medesima. Per ciò questi raggi ci fanno vedere l' astro al di sopra del suo *luogo vero* di un arco di 33', e quando vediamo il disco solare o lunare intieramente nato sull' orizzonte, è certo che il disco stesso ne è ancora al di sotto, come che vicinissimo all' orizzonte. La rifrazione adunque dei raggi che emergono da tutta l' atmosfera e quindi il grado di loro convergenza verso l' asse del cono dell' ombra terrestre sarà prossimamente $= 66'$, e se questi raggi entrassero in un occhio gli farebbero vedere il sole 66' al di sopra del suo luogo vero. Conoscendosi prossimamente il grado di convergenza di questi raggi si potrà eziandio calcolare per approssimazione la distanza dal centro terrestre nella quale avranno il *foco.* Sia AB (fig. 6) il raggio terrestre, BT l' asse del cono dell' ombra terrestre e AT un raggio di luce del quale la convergenza con l' asse medesimo è misurata dall' angolo $ATB = 66'$. La distanza BT del centro terrestre dal punto T ove questo raggio incontra l' asse sarà prossimamente eguale a 52 raggi terrestri. Infatti essendo rettangolo in B il triangolo ABT si ha $AB : BT :$ Tang. $T : 1$. Fatto quindi $AB = 1$, ed essendo Tang. $T =$ Tang.

66' = 0,0192, avrete 1 : 52,083 = 0,0192 : 1. La distanza della luna supera sempre i 52 raggi terrestri. Dunque chi si trovasse sulla faccia lunare potrebbe per mezzo della luce che attraversò l' atmosfera terrestre scorgere il disco solare ancora nel tempo che tra il disco stesso e la luna è interposto il globo terrestre; ma questo disco sembrerebbe cambiato in un vastissimo circolo avente nel centro la terra, ciò che tanto più lo sorprenderebbe in quanto che la grandezza apparente della terra veduta dalla luna è circa 14 volte maggiore di quella del sole. Ma sarà grandissima la sparutezza di detto circolo, e sembrerà notabilissimamente più pallido che non apparisca a noi il sole presso all' orizzonte. Se l' atmosfera non facesse che rifrangere la luce, e contemporaneamente non ne assorbisse o disperdesse la massima parte, l' aspetto del sole in tale incontro per la luna sarebbe brillantissimo e la illuminazione della medesima sarebbe più intensa dell' usato, giacchè l' atmosfera facendo gli effetti di una lente concentrerebbe sulla faccia lunare la luce solare. La grandissima sparutezza della luna eclissata, sparutezza che alle volte arriva ad occultarcela intieramente, è una prova del potere grandissimo che ha l' aria di disperdere la luce. Il sole presso all' orizzonte ove appare quasi spogliato di raggi ci porge un' altra prova quotidiana del potere medesimo. Bouguer per mezzo di osservazioni apprese che di 10000 raggi di luce che in un dato istante entrano nell' atmosfera diretti verso il nostro occhio 5 soli vi giungono mentre l' astro da cui derivano è all' orizzonte (V. Mollet t. 5. n. 1174). Ma se la terrestre atmosfera non esistesse, niun raggio di luce solare giungerebbe sulla faccia della luna eclissata.

216. Osserviamo ora se l' ombra terrestre possa sempre arrivare sino alla distanza della luna e se ivi abbia ancora una larghezza sufficiente ad involgere tutto il globo lunare. Sia S (fig. 14) il globo solare, T il globo terrestre. Condotte la AB tangente comune ad ambidue i globi e la retta ST pei centri dei medesimi, essendo la terra minore del sole, queste due rette prolungate s' incontreranno in un punto C che sarà il vertice dell' ombra terrestre (V. Mollet l. c.) e la lunghezza TC di quest' ombra dipenderà dall' angolo ACT sotto cui concorrono le due rette nominate. Quanto più quest' angolo sarà piccolo, sarà più grande la lunghezza TC e vice-

versa, e la grandezza di quest' angolo, costanti essendo le grandezze reali del sole e della terra, dipenderà dalla differente distanza *ST* dei medesimi due globi, in maniera che se questa aumenta l' angolo scemerà, e se vien meno, l' angolo aumenterà. Dunque la lunghezza dell' ombra terrestre cresce e cala insieme colla distanza del sole dalla terra.

217. Per determinare la detta lunghezza *TC* dell' ombra basterà risolvere il triangolo *TBC* rettangolo in *B*. Il suo lato *TB* è noto, essendo un raggio terrestre, e può prendersi per unità. Per conoscere poi l' angolo opposto *C* conducasi dal centro terrestre *T* alla estremità *A* del diametro solare la *TA*. L' angolo *ATS* è l' esterno del triangolo *ATC* e però $BCT = ATS - BAT$. L' angolo *ATS* è l' angolo ottico sotto cui vedesi dal centro terrestre il semidiametro solare, e in conseguenza la sua grandezza è nota. Quando la solare distanza è minima, è = 16' 16",8; quando è media, è = 16' 1", e quando è massima, è = 15' 45". L' altro angolo *BAT* è la parallasse orizzontale del sole e però è parimente conosciuto ed uguale a 8", 6. Questa non varia di una quantità sensibile per la variazione della distanza solare. Dunque per avere il valore dell' angolo *BCT* basta sottrarre dalla metà della grandezza apparente del sole la parallasse orizzontale del sole medesimo. Ma conoscendosi del triangolo rettangolo *TBC* il lato $BT = 1$ e l' angolo opposto *C*, col risolverlo in favore del lato *TC* se ne determinerà il valore in raggi terrestri. Questo valore sarà eguale all' unità divisa pel seno dell' angolo *C*.

218. Per determinare la *grandezza apparente* del diametro della sezione circolare dell' ombra terrestre nella distanza dell' orbita lunare suppongasi che la linea *DL* che attraversa l' ombra terrestre sia un' arco dell' orbita nominata e conducasi la *DT*. Il semidiametro della sezione dell' ombra terrestre nella distanza *TL* sarà sensibilmente eguale all' arco *DL* compreso tra le rette *TC* e *BC*, e l' angolo ottico sotto cui si vedrebbe stando nel centro terrestre sarà rappresentato da *LTD*. Essendo *BDT* esterno del triangolo *TCD*, sarà $LTD = BDT - TCB$. L' angolo *BDT* è noto, essendo la parallasse orizzontale della luna, e abbiamo or' ora appreso a determinare l' angolo *TCB*. Dunque sarà nota ancora la grandezza apparente del semidiametro dell' ombra terrestre

in una distanza eguale alla lunare e quindi ancora quella dell' intiero diametro, che esprimeremo con *D*.

219. Ma la parallasse lunare varia colle distanze lunari. La media parallasse lunare è circa 57' e 40" e da questa non differiscono che di circa 4' in meno la minima e in più la massima. Ciascuna poi di queste tre parallassi può combinarsi con ciascuno dei tre calcolati valori dell' angolo *C* (217). Quindi per ciascuno valore di *C* si avranno tre valori di *D*, uno pel caso della parallasse lunare massima, uno per quello della media e uno per quello della minima.

220. Nella prima casa del seguente quadro si danno i valori dell' angolo *C* corrispondenti alle differenti distanze solari. Nella 2.ª si riferiscono i corrispondenti valori della lunghezza *TC* dell' ombra terrestre, espressa in unità di cui ognuna vale un raggio terrestre. Nella 3.ª si riferiscono i valori di *D* in minuti secondi pel tempo che la parallasse lunare è massima, pel tempo cioè che la luna è perigea. Nella 4.ª i valori di *D* pel tempo in cui la parallasse lunare è media e la luna è nella sua media distanza. Nella 5.ª finalmente i valori di *D* pel tempo che la parallasse lunare è minima e la luna è apogea.

Mentre la distanza solare è	*l' angolo* C *è di*	*la lunghezza* TC *è raggi terrestri*	*Diametro* D *mentre la parallasse lunare è*		
			massima	media	minima
minima	16' 8", 2	213, 04	5464"	4984"	4504"
media	15 52, 4	216, 66	5496"	5016"	4536"
massima	15 36, 5	220, 37	5528"	5048"	4568"

221. La distanza lunare è sempre minore di 65 raggi terrestri (149). Dunque l' ombra terrestre ancora nel caso in cui ha la minima lunghezza si estende non solo sino alla luna, ma ancora al di là per un tratto di altri 155 raggi terrestri.

222. La massima grandezza apparente della luna (150) è 2010", e però è poco più di un terzo della corrispondente

grandezza apparente del diametro dell' ombra terrestre. Trovasi prossimamente la stessa differenza tra le grandezze apparenti media e minima della luna e le corrispondenti grandezze del diametro dell' ombra. Dunque ogni volta che la luna attraverserà un diametro dell' ombra medesima dovrà rimanervi intieramente involta, e non per un solo momento, ma per un certo tempo dipendente dalla grandezza apparente del diametro D.

223. La causa degli eclissi lunari essendo l' ombra terrestre e questa distendendosi nella parte del cielo diametralmente opposta al sole, questi eclissi non potranno avvenire se non nell' epoca del plenilunio (fig. 12).

224. L' asse STC (fig. 14) dell' ombra terrestre giace nel piano dell' eclittica. Se dunque l' orbita lunare non fosse inclinata all' eclittica, l' epoca di ogni plenilunio sarebbe segnata da un eclisse lunare. Ma essendo l' orbita lunare inclinata all' eclittica (158), gli eclissi lunari non possono avvenire se non quando accade l' opposizione della luna mentre passa per uno dei nodi della sua orbita o pure è vicina a questo nodo in maniera che l' arco che allora ne misura la distanza dall' eclittica sia minore di quello che misura il semidiametro dell' ombra terrestre. Nel primo caso la luna attraversa l' ombra terrestre percorrendone un diametro, e in conseguenza rimane intieramente eclissata. Questo eclisse porta il nome di eclisse *centrale*. Nel secondo caso, corrispondentemente alla sua diversa distanza dall' eclittica, potrà rimanere ora eclissata intieramente, ciò che dicesi *eclisse totale*, ora solamente in parte, ciò che dicesi *eclisse parziale* ed ora potrà succedere che passi rasente all' ombra terrestre senza quasi penetrar nella medesima, il che dicesi *appulso*.

225. La distanza perpendicolare della luna dal piano dell' eclittica dipende dalla sua differente distanza dai nodi. Si ricercò quindi col calcolo tra quali distanze succedano gli eclissi e si ritrovò che non possono mai succedere quando la distanza della luna dai nodi supera i 13° 21', che debbono necessariamente succedere quando questa distanza è minore di 7° 47' e che secondo le varie circostanze ora possono ed ora non possono succedere quando la distanza dai nodi è compresa tra le due notate, e che in quest' ultimo caso per sapere se in un dato plenilunio debba o no succedere l' eclisse

fa d' uopo esaminare tutte le circostanze medesime e sottoporle al calcolo.

226. La durata degli eclissi lunari dipende dalla qualità degli eclissi medesimi, dalla differente grandezza *D* del diametro dell' ombra e dalla diversa grandezza apparente della luna. Supponiamo che l' eclisse debba essere centrale. Per saperne la durata si osservi quale è la grandezza *D* del diametro dell' ombra che si deve attraversare dalla luna e la grandezza apparente di quest' ultima. Se supponiamo ancora che in tale epoca il sole e la luna si trovino nelle medie loro distanze, allora il diametro dell' ombra è 5016" e la grandezza apparente della luna è 1885". Il tempo che scorrerà dal punto, che comincierà l' immersione del disco lunare nell' ombra terrestre sino al punto che la immersione medesima sarà totale sarà eguale al tempo che impiega la luna a percorrere un arco di 1885". Poichè la luna si avanza di un arco di 0",549 in ogni minuto secondo di tempo (156), il cercato tempo sarà 57' e 14". Il tempo che qualunque punto della luna starà immerso nell' ombra sarà eguale a quello che impiega in progredire di un arco eguale al diametro dell' ombra stessa e però = 2 ore 32' e 17". L' ultimo punto adunque del disco lunare che penetra nell' ombra non ne emergerà che dopo quest' ultimo tempo. Ma allora tutto l' eclisse è terminato. Dal principio dunque alla fine dell' eclisse nel caso che consideriamo scorreranno 3 ore e mezza. Se leviamo da questo tempo quello che dura l' immersione della luna nell' ombra e quello che dura la emersione della medesima, le quali due durate sono evidentemente eguali, rimane un' ora e 35' pel tempo in cui tutto intiero il disco lunare rimane eclissato. In eguale maniera si computerà la durata degli eclissi centrali mentre le distanze solare e lunare sono diverse. Così per esempio si troverà che quando è massima la distanza solare e minima la lunare, dal principio alla fine dell' eclisse scorrono 3 ore e 48', e che l' intiero disco lunare rimane nelle tenebre un' ora e 47'.

227. Quando l' eclisse non è centrale, descrivendosi allora dal centro del disco lunare non il diametro ma una corda della sezione dell' ombra terrestre, la durata dell' eclisse sarà minore. Per determinarla bisognerà conoscere la grandezza di questa corda, e quindi operare pel rimanente come nel caso recato per esempio.

228. Il globo lunare al par del terrestre getta dietro a sè nella parte opposta al sole un cono d' ombra, avente per asse la retta linea che congiunge il centro solare col lunare ed una lunghezza che alle volte eguaglia o supera la distanza della terra dalla luna. Determiniamo questa lunghezza pel tempo dei novilunj. Coi circoli *S* e *T* (fig. 14) indichiamo i globi solare e lunare. In conformità di quanto abbiam detto nel numero 216, la lunghezza dell' ombra lunare sarà rappresentata da *TC* e avrà una stretta dipendenza dall' angolo *BCT*. Quest' angolo è $= ATS - BAT$. L' angolo *ATS* è la grandezza apparente del semidiametro solare nella distanza *ST* della luna, e l' angolo *BAT* è la grandezza apparente del semidiametro lunare nella distanzá medesima. Quest' ultimo è piccolissimo e non supera i 2", 4, e l' altro è uguale alla grandezza apparente del semidiametro solare veduto in una distanza eguale alla terrestre, più l' aumento in lui cagionato dalla diminuzione della distanza (33). Ma non essendo tale diminuzione che una quattrocentesima parte circa della distanza della terra dal sole, il detto aumento non sarà che circa una quattrocentesima parte della grandezza medesima, ciò che prossimamente vale 2". 4. Questo aumento è dunque eguale all' angolo *BAT*, e in conseguenza l' angolo *BCT* è quasi esattamente eguale alla grandezza apparente del semidiametro solare, veduto dalla terra, la quale grandezza (132) mentre il sole è perigeo è $= 977''$, mentre trovasi nella sua media distanza è $= 961''$ e mentre è apogeo è $= 945''$. Risolvendo il triangolo rettangolo *TBC*, preso come unità il semidiametro lunare *TB*, alle tre notate grandezze dell' angolo *BCT* si trovano corrispondere rispettivamente i tre seguenti valori di *TC*; 211,16; 214, 90; 218, 34. Essendo il semidiametro lunare eguale a 273 millesime parti del raggio terrestre (152), i tre ritrovati valori di *TC* espressi in raggi medj terrestri equivaleranno rispettivamente ai seguenti: 57,65; 58,67; 59,61.

229. La media distanza della luna dalla terra supera i 60 raggi terrestri (149). Dunque *l' ombra lunare non può pervenire sino alla terra se non intanto che la luna è in una distanza minore della media.*

230. Vogliasi ora conoscere la larghezza dell' ombra lunare in una distanza TL eguale alla terrestre. L' angolo DTL sotto cui vedrebbesi dal centro lunare il semidiametro di detta ombra nella notata distanza è uguale alla differenza tra i due angoli BOT e BCT, il primo dei quali è la grandezza apparente del semidiametro lunare BT veduto dalla terra e il secondo è uguale alla grandezza apparente del semidiametro solare veduto parimente dalla terra (228). Il semidiametro apparente della luna perigea (150) è 1005" e quello del sole apogeo (132) è 945",14. Dunque nelle circostanze nelle quali la lunghezza dell' ombra lunare è massima l' angolo ottico DTL non supera i 59", 86. La grandezza apparente sotto cui dal medesimo centro lunare e nelle medesime circostanze vedrebbesi il semidiametro terrestre è la stessa cosa che la parallasse orizzontale della luna perigea (27) e però (148) è 61' ovvero 3660". Dunque il massimo semidiametro dell' ombra lunare in una distanza eguale alla terrestre sta al semidiametro del disco terrestre, o pure l' intiera larghezza dell' ombra lunare sta a quella del disco terrestre come 59,86' : 3660 = 1 : 61,15; ciò che indica che la larghezza della suddetta ombra non giunge ad equivalere alla 62.ª parte della larghezza del terrestre emisfero rivolto alla luna. La larghezza calcolata è la massima che aver possa l' ombra lunare sul disco terrestre. Quando la grandezza apparente lunare supera di una minore quantità la solare, è minore in proporzione ancora la larghezza dell' ombra lunare. Quando le due grandezze sono eguali, l' ombra sulla terra è un punto solo che è il vertice del cono ombroso. Ogni volta poi che la grandezza solare supera la lunare, ciò che occorre nel maggior numero di congiunzioni lunari, la suddetta larghezza è negativa, cioè il cono d' ombra non giunge sino alla faccia terrestre. Queste conseguenze sono concordi con i risultamenti ottenuti nei due numeri precedenti.

231. Il cono d' ombra lunare, avendo per asse il prolungamento della retta linea che congiunge il centro solare col lunare, avrà un continuo moto dipendente dai moti della luna e del sole, e nel caso che arrivi sino alla terra, la sua sezione colla faccia terrestre passerà di luogo in luogo seguendo la direzione stessa del moto proprio della luna da

occidente verso oriente, non disugualmente dell' ombra di una nube trasportata dal vento.

232. Mancando la luna intieramente o quasi intieramente d' atmosfera, *l' ombra pura* lunare non sarà diradata, siccome era quella della terra (214), da verun raggio di luce solare rifratto verso l' asse del cono. Quei tratti adunque della terrestre faccia sui quali cade la detta ombra, per tutto il tempo che in essa rimangono involti saranno privi dell' aspetto solare e immersi in una folta oscurità. Il repentino passaggio dal pieno giorno ad una profonda notte, ciò che succede nell' istante che l' estremo lembo orientale del disco solare vien coperto dalla luna, riesce tanto più sorprendente e spaventoso, quanto meno siamo avvezzi a simili passaggi, interponendosi sempre i crepuscoli tra i giorni e le notti. Mentre dura tale oscurità appajono le stelle in tutto il loro splendore e scorgesi intorno al disco lunare una specie di aureola pallida e biancastra che pretendesi sia l' atmosfera solare e che chiamasi *luce zodiacale*. Il descritto fenomeno dicesi *eclisse totale del sole*. La sua durata è varia corrispondentemente alle differenti distanze lunare e solare, e nelle più favorevoli circostanze non supera i cinque minuti.

233. Gli eclissi totali del sole per un dato luogo sono avvenimenti assai rari. Il sono meno gli eclissi *parziali*. Alcuni tra questi diconsi *centrali e annulari*. Se l' occhio di un osservatore terrestre ritrovasi sul prolungamento dell' asse dell' ombra lunare nel caso in cui questa non giunge sino alla faccia terrestre e in cui per conseguenza la grandezza apparente lunare è minore della solare, il globo lunare colla sua interposizione copre al suddetto osservatore la parte centrale del disco solare, ma non può impedire che ne scorga la zona esteriore che compare come un anello luminoso che tutto all' intorno circonda il disco lunare. Il vario eccesso della grandezza apparente solare sulla lunare produce una varietà nell' ampiezza della zona solare che rimane scoperta, dovendo tale ampiezza essere eguale all' eccesso dell' apparente raggio solare sopra il lunare, le quali due grandezze variano continuamente insieme con le distanze.

234. Per causa dell' aumento che cagiona nell' apparente grandezza lunare, la differente elevazione sopra l' orizzonte (164) potrà occorrere che un eclisse sia annulare per chi

l' osserva presso l' orizzonte e totale per chi l' osserva presso il meridiano. Nei calcoli coi quali si vogliono predire gli eclissi nelle loro particolarità si dovrà dunque porre a computo ancora la influenza della differente elevazione lunare sopra l' orizzonte.

235. Un eclisse non è totale se non per gli osservatori che rimangono involti nell' ombra pura lunare. Quei che si trovano nei dintorni della medesima hanno la penombra, continuano a godere dell' aspetto di una porzione di disco solare, più o meno ampia secondo la differente loro distanza dall' ombra pura e per essi l' eclisse non è che *parziale*. La penombra lunare nel caso del massimo eclisse si estende ad oltre la metà dell' emisfero terrestre rivolto alla luna. Per provar questo si supponga un osservatore nel punto B del globo lunare. Costui mentre succede l' eclisse totale avrà al suo orizzonte il sole e la terra. Siccome la retta EBK segnerà il limite esteriore della penombra e la ABC il confine tra la penombra e l' ombra pura (V. Mollet t, 5. n. 1177), scorgesi che pel supposto osservatore avrà la stessa grandezza apparente il diametro del disco solare AE e la larghezza DK della penombra. Dunque pel caso che si contempla la larghezza apparente di DK per la luna (132 e 228) sarà 1895". La larghezza apparente di LD (230) è 59",86. Dunque $LD : DK = 59{,}86 : 1895 = 1 : 32$ prossimamente; cioè la larghezza DK della penombra è 32 volte maggiore di quella LD dell' ombra pura. Essendo quest' ultima circa la 61.ª parte del semidiametro terrestre, la prima equivalerà a quasi 525 millesime parti del semidiametro medesimo. Siccome poi tutto all' intorno dell' ombra pura estendesi per eguale ampiezza la penombra; segue che mentre una 61.ª parte circa dell' emisfero terrestre rivolto alla luna ha il massimo eclisse totale di sole, più della metà dell' emisfero medesimo ha un eclisse parziale. Per chi poi ritrovasi sulla circonferenza esteriore della penombra succede un semplice *appulso*, appare cioè che i lembi dei dischi solare e lunare si tocchino.

236. Da quanto abbiamo fin qui detto risulta evidentemente che non può mai occorrere verun eclisse solare se non quando la luna è in congiunzione col sole e talmente vicina col suo centro al piano dell' eclittica che la sua ombra o penombra

incontrar possa il globo terrestre. Se l' orbita lunare non fosse inclinata all' eclittica, ogni novilunio sarebbe accompagnato da un eclisse solare: ma essendo inclinata (158), non sono segnalati da eclissi se non quei novilunj che avvengono mentre la luna è presso ai nodi di sua orbita. Col calcolo si ritrovò che quando la distanza della luna da un nodo è minore di 13° e 33' occorre necessariamente un eclisse solare, che non può mai occorrere mentre la detta distanza oltrepassa i 19° e 44', e che tra i due notati limiti può o non può occorrere secondo le varie circostanze.

237. Per esprimere quanta parte di disco solare venga eclissata in un dato eclisse gli astronomi suppongono divisa la larghezza di esso disco in dodici parti eguali che chiamano *digiti* e ciascun digito diviso in sessanta parti eguali che chiamano *minuti*; e quindi annunziano in digiti e minuti la porzione di disco solare che deve rimanere eclissata per un dato luogo. Si usa lo stesso metodo per esprimere le grandezze degli eclissi parziali della luna.

238. Un eclisse lunare è ugualmente grande e succede nello stesso istante per tutti i paesi che hanno la luna sopra il proprio orizzonte, dipendendo questo eclisse dall' ombra terrestre che involge o intieramente o parzialmente il globo lunare il quale per conseguenza cessa di essere lucente. Negli eclissi solari al contrario si perde di vista o intieramente o parzialmente il sole, non perchè venga meno la sua luminosità, ma per causa della interposizione della luna. Questa poi in un dato istante non si riferisce da tutti gli abitatori terrestri che la hanno sopra il proprio orizzonte allo stesso luogo della sfera celeste, ma mentre dagli uni si riferisce a quel luogo medesimo in cui vedono il sole, dagli altri per effetto della parallasse si riferisce ad un luogo diverso, e che non coincide con quello del sole. Segue da questo che mentre ai primi copre tutto o quasi tutto il disco solare, agli altri ne copra una sola parte o una parte differente o non ne copra punto. Segue inoltre che gli eclissi solari si vedano in tempi diversi nei successivi luoghi sui quali cade successivamente l' ombra o la penombra lunare, e che al terminare di un eclisse in un dato luogo corrisponda il mezzo o il principio del medesimo eclisse per un altro luogo situato più verso oriente. Per effetto della parallasse potrà succedere

inoltre che mentre per chi ha il sole e la luna al meriggio non avviene verun eclisse o succede un semplice appulso, essendo ancora sufficientemente distante il disco lunare dal solare da non poter questo essere coperto da quello, per chi ha contemporaneamente i due astri all' orizzonte accada un eclisse, venendo dalla parallasse orizzontale abbassati differentemente al di sotto del rispettivo *luogo vero* i due astri, il sole di un arco di soli 8",6 e la luna di un arco di circa un grado (128,148).

239. Abbiamo detto che la massima durata di un eclisse totale del sole è prossimamente di cinque minuti. Ecco come accertarci di ciò. L' eccesso apparente della grandezza lunare sulla solare può giungere a 120",29. A questa quantità aggiungasi l' aumento che nella grandezza apparente lunare cagiona la elevazione sopra l' orizzonte, il quale aumento, avvenendo l' eclisse presso al mezzodì, è circa 30". Però l' eccesso apparente della grandezza lunare sopra la solare nel tempo del massimo eclisse è prossimamente 150". Dunque poichè il disco lunare avrà tutta coperta la faccia solare per un certo osservatore, la distanza apparente de' due centri solare e lunare sarà ancora di 75"; e se il sole fosse privo del suo moto progressivo, il centro lunare dovrebbe avanzarsi di questi 75" prima di aver raggiunto la retta che unisce il centro solare coll' occhio dell' osservatore, indi dovrebbe procedere ancora di una eguale quantità avanti che il lembo solare che venne pel primo eclissato incominciasse ad emergere dall' eclisse. Da ciò segue che nella ipotesi del sole privo del suo moto proprio la durata del massimo eclisse totale sarebbe eguale al tempo che la luna impiega a descrivere col suo moto proprio un arco di circa 150". Ma il sole esso pure in questo tempo si avanza di un arco di circa 12" nella medesima direzione della luna, il che pur serve a prolungare la durata dell' eclisse, giacchè il centro lunare deve percorrere ancora quest' arco prima che l' eclisse termini di essere totale. Il tempo adunque della massima durata di un eclisse totale del sole è uguale a quello che la luna impiega in avanzarsi verso oriente di un arco di circa 162". Se usando dei dati del numero 155 si calcola la lunghezza di questo tempo, se la ritrova essere prossimamente cinque minuti.

240. Sarà pur facilissima cosa il calcolare quanto tempo scorre dal principio dell' eclisse che consideriamo cioè dal momento che il disco lunare incomincia a rapirci l' aspetto dell' estremo lembo occidentale del sole sino al momento che l' eclisse è totale. Questo tempo sarà evidentemente eguale a quello che impiega il centro lunare a progredire di un arco eguale alla grandezza apparente solare aumentatà dell' arco di cui intanto si avanza il centro solare. Con un computo fatto nella maniera indicata nel numero precedente ritrovasi il detto tempo di 61 ai 62 minuti. Un tempo eguale precisamente a questo dovrà pure scorrere dal momento che l' eclisse termina di essere totale sino a quello che l' eclisse sarà intieramente terminato e goderassi l' aspetto di tutto il disco solare. Dal principio adunque del massimo eclisse solare sino alla fine assoluta dell' eclisse medesimo scorrono due ore e otto minuti prossimamente. Le durate degli altri eclissi solari, totali o parziali nelle varie circostanze e per un dato luogo si potranno calcolare in una simile maniera se si conosceranno la grandezza apparente del sole e la corda del disco solare che deve nell' eclisse descriversi da un dato punto del disco lunare.

241. Gli astronomi colle conoscenze dei moti del sole e della luna sanno predire ogni specie di eclisse solare o lunare e determinarne tutte le particolarità per un datò luogo. Ma ancora senza essere astronomi possiamo con una certa approssimazione predire le epoche degli eclissi servendoci di un periodo che pare fosse noto ancora ai Caldei e che da alcuni chiamasi *saros*. Questo periodo è formato dal tempo che deve scorrere acciò i moti regolari della luna e dei nodi dell' orbita lunare riconducano un' altra volta e l' una e gl' altri in quelle medesime posizioni relative a quella del sole per le quali al principiare di esso periodo avvenne un dato eclisse o incominciò una certa serie di eclissi. Un tal periodo è uguale alla durata di 223 rivoluzioni sinodiche lunari. Compiendosi infatti le dette 223 rivoluzioni nello stesso tempo in cui compionsi 19 rivoluzioni sinodiche dei nodi lunari, le posizioni relative della luna e dei nodi dovranno al terminare del periodo essere le medesime che erano al principiare dello stesso. Al terminare adunque di tal periodo succederà lo stesso eclisse, che ne segnò il principio o incomincierà una

serie di eclissi successivi, egualmente distribuiti e della stessa specie, che aveva incominciato in principio. Potendosi poi scegliere arbitrariamente qualunque epoca come principio del periodo, e quel che si dice di un eclisse o di una serie di eclissi ripetere ancora per ogni altro eclisse e per ogni altra serie di eclissi, ne segue che col mezzo di detto periodo e colla cognizione delle epoche e della natura di tutti i consecutivi eclissi avvenuti in un periodo si possono predire le epoche e la natura di tutti gli eclissi consecutivi che occorreranno nel periodo susseguente. Per far ciò basta all' epoca dei singoli eclissi dello scorso periodo aggiungere la durata del periodo. Le epoche espresse da queste somme saranno quelle in cui si ripeteranno i rispettivi eclissi.

242. Queste conseguenze sarebbero esatte se la durata delle 223 rivoluzioni sinodiche lunari fosse esattamente eguale a quella delle 19 dei nodi. Ma quest' ultima supera quasi di dieci ore la prima, e ciò fa che al terminare di questa non siano esattamente eguali le posizioni relative della luna e dei nodi a quelle che erano in principio, ma che siano differenti di un arco di 28'. Ad alterare le relative posizioni della luna e dei nodi influiscono alquanto ancora le piccole irregolarità a cui sono soggetti i loro moti. Quindi le predizioni degli eclissi fatte col semplice mezzo del saros non devono riguardarsi come esatte, ma unicamente come prossime all' esattezza, e potrà esservi qualche divario tra il momento calcolato pel principio dell' eclisse e quello in cui realmente l' eclisse comincierà. Vi sarà pur sempre una differenza notabile tra la grandezza di esso eclisse e quella dell' eclisse occorso al principio del periodo, e potrà ancor darsi che un piccolissimo eclisse avvenuto nel principio del periodo non si rinnovi alla fine per causa del succeduto aumento nella distanza della luna dal nodo.

243. Essendo la durata di una rivoluzione sinodica lunare di giorni 29,530588, quella di 223 rivoluzioni è di giorni 6585,321124 = 18 anni giuliani, 10 giorni e ore 7,727. Questa è la durata del saros. Generalmente se lo suole computare di 18 anni giuliani e dieci giorni.

Delle stazioni e retrogradazioni dei pianeti.

244. Dicesi *diretto* un pianeta nel tempo che lo vediamo avanzarsi pel suo *moto proprio* da occidente verso oriente seguendo l' ordine dei segni celesti, *retrogrado* quando il vediamo procedere in opposta direzione da oriente verso occidente, e *stazionario* quando per un certo tempo ci appare senza *moto proprio*.

Un pianeta dicesi in *congiunzione* quando relativamente alla terra trovasi nel lato medesimo in cui vedesi il sole e situato in maniera che se la sua orbita non fosse inclinata all' eclittica, la retta che congiunge i centri terrestre e solare, protratta se occorre, passerebbe ancora pel suo centro. Dicesi poi *superiore* la sua congiunzione se esso è al di sopra del sole, e *inferiore* se è tra la terra ed il sole.

Un pianeta dicesi in *opposizione* se relativamente alla terra ritrovasi nel lato opposto a quello in cui ritrovasi il sole, e in guisa situato che, se la sua orbita all' eclittica non fosse inclinata, il prolungamento della retta che congiunge il centro solare col terrestre passerebbe ancora per il suo.

245. Abbiamo detto più volte che i pianeti percorrono senza interruzioni le loro orbite seguendo sempre la direzione da occidente in oriente tracciata nella celeste volta dai segni dello zodiaco. Se fossimo nel sole centro dei moti planetarj vedremmo i pianeti sempre *diretti*, nè mai *stazionarj* o *retrogradi*, in quella guisa che dalla terra centro dei moti lunari non vediamo mai la luna nè stazionaria nè retrograda ma costantemente *diretta*. Essendo noi sulla terra cotanto distanti dal sole ed in moto noi stessi intorno al medesimo, i moti planetarj devono sembrarci non poco differenti da quel che sono, ed un pianeta invece di apparirci sempre diretto, dovrà in certe posizioni apparirci stazionario e in certe altre retrogrado. Nel sistema copernicano si spiegano colla massima facilità tutti questi fenomeni che erano assolutamente inesplicabili in ogni altro sistema.

246. Secondo il quadro del numero 146 la durata d' una rivoluzione siderale di mercurio sta a quella d' una della terra prossimamente come 1 : 4. Nel tempo adunque che mercurio percorre tutta la sua orbita, la terra descrive ap-

pena la quarta parte della sua. Rappresentiamo col circolo *aceg* (fig. 15) diviso in otto parti eguali *ab*, *bc*, *cd*, ecc. l' orbita di mercurio, e con l' arco circolare *AI* di circa 90° e diviso parimente in otto parti eguali *AB*, *BC*, *CD*, ecc. una quarta parte dell' orbita terrestre. Se supponiamo che mentre la terra giunge nel punto *A* di sua orbita, ancora mercurio arrivi nel punto *a* della sua, la terra e mercurio, atteso la ragione sussistente tra le loro rivoluzioni, descriveranno in tempi sensibilmente eguali le successive parti eguali in cui abbiamo diviso il quadrante dell' orbita per l' una e l' intiera orbita per l' altro, e mentre la prima toccherà successivamente i punti *B*, *C*, *D*, ecc., ancora l' altro toccherà i corrispondenti punti *b*, *c*, *d*, ecc. Poichè noi riferiamo gli astri a quel punto della volta celeste pel quale passa il prolungamento della retta condotta dall' occhio nostro al centro dell' astro, se conduciamo le rette *Aa*, *Bb*, *Cc*, *Dd*, ecc. e le prolunghiamo sino all' incontro dell' arco *a' i'* della sfera celeste, i punti *a'*, *b'*, *c'*, ecc. d' incontro delle nominate rette con detto arco corrisponderanno a quelli in cui dalla terra in *A*, *B*, *C*, ecc. si vedrà mercurio mentre è nei corrispondenti punti *a*, *b*, *c*, di sua orbita. Mentre dunque quest' ultimo passando dall' uno all' altro di questi punti percorre porzioni eguali di sua orbita sempre seguendo l' unica sua direzione da occidente in oriente, a noi sembrerà che percorra successivamente i corrispondenti archi disuguali *a'b'*, *b'c'*, *c'd'*, ecc., alcuni andando da *a'* verso *i'* da occidente verso oriente e gli altri andando in verso opposto da *i'* verso *a'*, da oriente verso occidente. Facendo attenzione alla figura si rileva che mercurio appare diretto mentre passa da *a* in *d*, e retrogrado mentre passa da *d* in *f*, mentre cioè si trova nella sua congiunzione inferiore e nelle vicinanze della medesima, e che di poi compare nuovamente diretto. Rilevasi pure che mentre discende da *c* in *d*, e mentre ascende da *f* in *g* deve apparire stazionario per un certo tempo, e ne è cagione la direzione degli archi che il pianeta allora descrive i quali per un certo tratto si confondono sensibilmente con le visuali dalla terra al pianeta condotte, essendo tangenti degli archi medesimi. Continuando ad accompagnare in consimile maniera i moti della terra e di mercurio si vedrà che i fenomeni delle stazioni e della retro-

gradazione che pel caso considerato abbiamo veduto succedere nelle vicinanze della congiunzione inferiore di quest' ultimo devono rinnovarsi ad ogni novella congiunzione inferiore del medesimo. Tutto ciò come vedesi è una conseguenza necessaria dei moti reali di mercurio e della terra. Essendo l' orbita di quello rinchiusa nell' orbita di questa, il pianeta deve comparire diretto mentre percorre la porzione superiore *ghabc* di sua orbita, retrogrado mentre ne percorre la parte inferiore *cdefg*, e stazionario mentre ne descrive le parti laterali.

In analoga maniera si dimostra che ancora venere deve apparire retrogrado mentre ritrovasi nella sua congiunzione inferiore e nelle vicinanze della medesima e che il suo moto non si muterà da diretto in retrogrado o da retrogrado in diretto se non dopo essere stato stazionario per qualche tempo.

247. I pianeti che dall' essere più distanti che la terra dal sole diconsi *superiori* presentano i fenomeni di stazioni e retrogradazioni in ogni loro *opposizione* e nei dintorni della medesima. Dimostriamo come ciò debba succedere. Il circolo *ACEG* (fig. 16) diviso in otto parti eguali *AB*, *BC*, *CD*, ecc. rappresenti l' orbita terrestre. L' arco *acfi* di circa 30° e diviso in otto parti eguali *ab*, *bc*, *cd*, ecc. spetti all' orbita gioviale. La rivoluzione siderale di giove è quasi 12 volte più lunga della terrestre. Però se supponiamo che mentre la terra passa pel punto *A* di sua orbita ancora giove passi pel punto *a* della sua, quando la terra giungerà successivamente in *B*, *C*, *D*, ecc., ancora giove giungerà sensibilmente in *b*, *c*, *d*, ecc. e quando quella avrà tutta percorsa la sua orbita, giove sarà giunto al limite *i* della dodicesima parte *ai* della sua. Conduciamo le visuali *Aaa'*, *Bbb'*, *Ccc'*, ecc. pei punti in cui i due pianeti contemporaneamente si trovano e prolunghiamole sino ad incontrare l' arco *a'i'* della sfera celeste. Mentre la terra descrive successivamente in tempi eguali gli archi eguali *AB*, *BC*, ecc. e parimente giove descrive in tempi eguali i corrispondenti archi eguali *ab*, *bc*, ecc. a noi che riferiamo sempre gli astri sulla volta celeste sembrerà che giove descriva gli archi disuguali *a' b'*, *b' c'*, ecc. dei quali i due *d' e'*, *e' f'* hanno una direzione contraria a quella del moto reale del pianeta e i due *c' d'*, *f' g'* sono piccolissimi. Ciò mostra che giove nella sua opposizione

in *e* e nelle vicinanze *de*, *ef* della medesima deve appa retrogrado e che prima di cominciare questa sua retro dazione e, terminata questa, avanti di farsi nuovamente retto deve per un certo tempo mostrarsi stazionario. C nuando ad accompagnare similmente giove in tutto il corso intorno al sole si vedrà che gli stessi fenomeni di zioni e retrogradazioni devono ugualmente ripetersi in sua opposizione. In una eguale maniera si può dimostrare ciascuno dei pianeti superiori deve comparire stazionario e trogrado ogni volta che si mette in opposizione.

248. La prima casa del seguente quadro riferisce la m distanza angolare del pianeta dal sole, la grandezza dell' angolo formato dalle due visuali condotte dalla t una al sole e l' altra al pianeta nell' istante che questo viene stazionario. La 2.ª la media grandezza dell' arco di retrogradazione. La 3.ª la media durata di sua retrogra zione espressa in giorni. La 4.ª finalmente il tempo m che scorre tra due successive congiunzioni inferiori o successive opposizioni di uno stesso pianeta, il qual te chiamasi *rivoluzione sinodica del pianeta stesso*. Questo te è espresso in giorni.

	Distanza del pianeta stazionario dal sole.	*Arco medio di retrogradazione.*	*Durata media della retrogradazione in giorni.*	*Media rivoluzione sinodica in giorni.*
☿	18° 12'	13° 24'	228, 9	1158, 9
♀	28 51	15 22	42, 2	583, 9
♂	136 12	14 41	72, 8	779, 9
⚳	126 7	10 30	97, 5	479, 7
♃	115 35	9 55	120, 7	398, 9
♄	108 47	6 47	137, 8	378, 1
♅	103 13	3 52	151, 7	369, 6

249. Le durate delle rivoluzioni sinodiche dei pianeti su riori secondo l' esteso quadro sono tanto più brevi, qua

più il pianeta che si considera è distante dal sole. Eccone il motivo. Quanto più il pianeta è distante dal sole la sua rivoluzione siderale è lunga (146) e però intanto che la terra compie una sua rivoluzione siderale, il pianeta si avanza di un arco di sua orbita tanto più piccolo, quanto più grande è la sua distanza dal sole. La terra quindi raggiungerà tanto più presto la retta che congiunge il sole col pianeta, quanto più questo è lontano dal sole.

Del passaggio di venere sotto il disco solare.

250. Il fenomeno chiamato *passaggio di venere sotto il disco solare* è della natura medesima di quello che chiamasi *eclisse solare*. In questo tra il sole e noi s' interpone la luna, in quello venere. Grande essendo la grandezza apparente della luna, questa può rapirci in tutto o in grande parte l' aspetto solare. Non essendo che circa 1'. la grandezza apparente di venere nel tempo del passaggio, il fenomeno riesce affatto impercettibile a chi appositamente non l' osserva con gli strumenti astronomici. Con questi vedesi venere quale nera tacca della notata grandezza attraversare il disco solare in direzione retrograda. Il passaggio ha una durata differente secondo che succede lungo un diametro o una data corda del disco solare. Se succede lungo un diametro dura circa 7 ore. È cosa evidente che il detto passaggio non può succedere che quando venere è in congiunzione inferiore, ed è per questo che la direzione del passaggio è retrograda (247). Essendo l' orbita di venere inclinata all' eclittica, il descritto passaggio non occorre in tutte le congiunzioni inferiori, ma solamente in quelle che avvengono mentre il pianeta passa per un nodo di sua orbita o è vicinissimo al medesimo. Dipendendo questi passaggi dai moti regolari e conosciuti di venere e dei nodi di sua orbita, gli astronomi gli sanno predire qualunque tempo prima. I due ultimi passaggi di venere avvennero uno il 5 giugno 1761 e l' altro il 3 giugno 1769.

251. Gli astronomi prima di queste epoche conobbero che da una esatta osservazione di un passaggio di venere potevansi dedurre con esattezza non solamente gli elementi dell' orbita di venere ma eziandio la parallasse solare, elemento della massima importanza in astronomia, da quello dipendendo la esatta

cognizione della distanza della terra (128) e di quella di tutti gli altri pianeti dal sole (141), dell' ampiezza delle orbite planetarie, delle annue velocità planetarie, delle grandezze reali del sole e dei varj pianeti (131) ecc. Ebbero quindi la massima sollecitudine di osservare i due notati passaggi, i primi che si osservarono, e per ciò fare non risparmiando nè a fatiche nè a dispendj si recarono in quei luoghi della terra, quantunque distantissimi, nei quali l' osservazione prevedevano dovesse riescire migliore all' uopo prefisso. Il principale risultamento di tutte quelle molte e accuratissime osservazioni fu la sicurezza che la vera parallasse orizzontale del sole o non differisce punto da 8", 6, o al più ne differisce in più o in meno di una sola 120.ª parte.

252. Due passaggi di venere si attendono ancora nel corso di questo secolo, il primo nel giorno 8 dicembre 1874 e il 2.° nel gioruo 6 dicembre 1882. L' intervallo di 2920 giorni equivalenti a 8 anni di 365 giorni che s' interporrà tra questi due passaggi e che pur s' interponeva tra i due avvenuti nello scorso secolo dipende dalla durata delle rivoluzioni sinodiche di venere, cinque delle quali producono appunto il notato intervallo. Di otto in otto anni adunque le congiunzioni e tutte le altre posizioni di venere succederanno nei medesimi punti del cielo. Ma al termine di questo periodo non è sempre la stessa nè sempre sufficientemente piccola la distanza di venere dai nodi, e però se un passaggio è generalmente seguito da un secondo al termine del notato periodo, non è mai seguito da un terzo alla fine di un altro periodo eguale, e prima che avvenga un altro passaggio scorrono almeno 105 anni.

253. Mercurio al pari di venere, se nel tempo delle sue congiunzioni inferiori è vicinissimo ad un nodo di sua orbita, passa sotto il disco solare. I passaggi di mercurio sono molto più frequenti che quei di venere e se ne osservarono in numero sufficiente per determinare con esattezza gli elementi della sua orbita. Uno di questi passaggi avvenne il 5 maggio 1832. Ecco inoltre alcune epoche in cui ne succederanno altri.

1835	7 novembre.	1861	11 novembre.	1881	7 novemb.
1845	8 maggio.	1868	4 novembre.	1891	9 maggio.
1848	9 novembre.	1878	5 maggio.	1894	10 novemb.

7

Del tempo in cui i pianeti si vedono.

254. Un pianeta affinchè possa da noi vedersi ad occhio nudo deve ritrovarsi di un certo numero di gradi più verso oriente o più verso occidente del sole. Quando questa distanza orientale o occidentale è uguale a nulla o piccolissima, non lo possiamo vedere perchè nasce e tramonta insieme o quasi insieme col sole.

255. Segue da ciò che non potremo vedere verun pianeta quando è in congiunzione superiore col sole o vicinissimo alla medesima; parimente che non potremo vedere venere e mercurio nelle loro congiunzioni inferiori e nelle grandi vicinanze delle medesime, se ciò non è mentre passano sotto il disco solare.

256. L' ora del culminare di un pianeta o di un astro qualunque dipende dalla sua differente distanza angolare dal sole. Si può ripetere a questo proposito di un pianeta qualunque quanto abbiam detto della luna. Ogni grado di distanza orientale fa che il pianeta culmini quattro minuti di tempo dopo il sole. Quindi un pianeta culmina 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, ecc. ore dopo il sole se la sua distanza orientale è rispettivamente di 15, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315, ecc. gradi. Siccome una qualsivoglia distanza angolare di un pianeta dal sole si può computare andando da occidente verso oriente, così può computarsi ancora andando in verso opposto da oriente verso occidente. La distanza occidentale del pianeta dal sole è sempre eguale a 360° meno la sua distanza orientale. Però le due espressioni: 300° di distanza orientale e 60° di distanza occidentale significano la stessa cosa. Ogni grado di distanza occidentale fa che il pianeta passi al meridiano 4 minuti di tempo prima del sole. Quindi il pianeta culmina 1, 2, 3, ecc. ore prima del sole se la sua distanza occidentale è rispettivamente di 15, 30, 45, ecc. gradi. Tutto ciò è una conseguenza dell' apparente moto diurno della sfera celeste. Se il sole e l' astro che si considera descrivessero ambidue l' equatore o pure uno stesso circolo parallello all' equatore, tra il nascere o tramontare dell' uno e il nascere o tramontare dell' altro s' interporrebbe un tempo eguale a quello che s' interpone tra i loro passaggi

al meridiano. Ma non succederà la stessa cosa se il sole e l' astro sono differentemente distanti dall' equatore. La differente distanza di un astro dall' equatore, distanza che suol chiamarsi *declinazione dell' astro*, aumenta o diminuisce *l' arco diurno* dell' astro stesso, secondo che è boreale o australe la declinazione medesima (43). Al variare poi dell' arco diurno varia ancora il tempo che l' astro sta sopra l' orizzonte in ragione di un' ora per ogni 15 gradi. Tra il nascere o tramontare del sole e il nascere o tramontare dell' astro potrà dunque secondo le differenti loro declinazioni interporsi un tempo maggiore o minore di quello s' interpone tra le loro culminazioni.

257. La luna in ogni sua rivoluzione sinodica si porta successivamente in tutte le distanze angolari dal sole nella stessa maniera che il sole si porta successivamente in una sua rivoluzione tropica in tutte le angolari distanze dal punto equinoziale di primavera. Ciò dipende dall' essere la terra il centro del moto reale dell' una e dell' apparente moto annuo dell' altro. Acciò potesse succedere la stessa cosa di qualsivoglia pianeta, bisognerebbe che i loro annui moti avessero per centro la terra o almeno che l' orbita del pianeta fosse più ampia della terrestre e quindi in sè la contenesse. La prima condizione non ha luogo per verun pianeta, i moti annui dei quali tutti hanno per centro il sole. La seconda condizione poi si verifica per i soli pianeti superiori. Vediamo quindi ciascuno di questi pianeti passare successivamente nel tempo d' una sua rivoluzione sinodica per tutte le differenti angolari distanze dal sole. L' apparente moto annuo del sole e il moto annuo reale di tutti i pianeti hanno la medesima direzione da occidente verso oriente: ma il primo è più veloce, compiendosi una rivoluzione siderale della terra in un anno, mentre non compionsi che in tempi molto più lunghi le rivoluzioni siderali dei pianeti superiori. Il sole quindi si avanzerà verso oriente ogni giorno più che non si avanzerà il pianeta. Il quale per conseguenza subito dopo la sua congiunzione superiore col sole leverà, culminerà e tramonterà prima del sole. Questa anticipazione aumenterà ognor più, in maniera che, scorsa la metà della durata della sua rivoluzione sinodica, sarà di 12 ore. Allora il pianeta sarà in opposizione, e nascerà al tramontare del sole e tramonterà al nascere dello stesso. Di poi

il momento del suo nascere andrà sempre più appressandosi alla mattina, e terminata la rivoluzione sinodica sarà un' altra volta in congiunzione superiore. Le quantità di cui nei successivi giorni anticiperà il suo passaggio al meridiano non saranno tutte eguali per causa delle diversità che trovansi nella velocità sua e nella terrestre. Inoltre mentre il pianeta sarà stazionario il suddetto tempo non aumenterà, scemerà poi mentre il pianeta sarà retrogrado.

258. Le orbite dei pianeti *inferiori* venere e mercurio sono molto minori della terrestre e comprese nella medesima. Sarà dunque impossibile che questi due pianeti si possano vedere in opposizione e a risplendere sopra il nostro orizzonte per tutto il corso di qualche notte, e non li potremo vedere che in piccole distanze del sole o a precederlo la mattina in oriente o a seguirlo in occidente la sera. Il circolo *EFGH* (fig. 17) ci rappresenti l' orbita di mercurio o di venere, e il circolo concentrico *ABCD* l' orbita terrestre, e supponiamo nel centro *S* il sole. Osservando questa figura conoscerete facilmente che, qualunque sia il luogo *A* della terra in un qualsivoglia giorno, la massima distanza angolare dei detti pianeti dal sole non potrà mai superare l' angolo *SAF* o l' altro *SAH* misurati dagli archi *NM*, *NO* della celeste volta. Essendo elittiche le orbite planetarie, gli archi *NM*, *NO* che misurano le massime distanze angolari dei suddetti pianeti dal sole non sono sempre egualmente grandi in tutte le successive rivoluzioni, ma trattandosi di venere i detti archi variano tra i 45° e i 48° circa, e trattandosi di mercurio, l' eccentricità della orbita del quale è molto grande, variano tra i 17° 36' e i 28° 20'. Queste due distanze si distendono in verso rispettivamente opposto, la *SAH* verso oriente e la *SAF* verso occidente. Per tutto il tempo adunque in cui noi riferiremo il pianeta a qualche punto dell' arco orientale *NO* vedremo il pianeta presso occidente la sera dopo l' occaso del sole, e per tutto quello in cui lo riferiamo a qualche punto dell' arco occidentale *NM* lo vedremo elevarsi in oriente la mattina prima del sole. Il tempo che s' interporrà tra il tramontare o nascere del sole e il tramontare o nascere del pianeta dipenderà dal differente numero di gradi delle dette distanze, e dovendo essere massimo quando quelle sono massime risulta che, supposta eguale la declina-

zione del sole e del pianeta, il detto tempo nelle più favorevoli circostanze sarà di circa tre ore per venere, e generalmente poco maggiore di un' ora per mercurio e non mai di due ore. È per questo che tanto raramente e difficilmente può scorgersi mercurio ad occhio nudo.

259. Venere e mercurio subito dopo la loro congiunzione superiore *G* col sole, essendo il loro moto progressivo più veloce di quel della terra, si discosteranno dal sole andando verso oriente. Tale distanza orientale aumenterà di giorno in giorno sino a farsi massima, e ciò succede mentre il pianeta si trova in *H* in quadratura col sole e comincia ad apparire stazionario (247). Dopo la sua distanza orientale si farà successivamente minore per causa della sua apparente retrogradazione, e diverrà eguale a zero mentre giunge in congiunzione inferiore. Subito dopo si vedrà il pianeta discostarsi dal sole andando verso occidente; sarà alla massima sua distanza occidentale quanto si accosta alla sua quadratura in *F* nel qual tempo appare un altra volta stazionario: passato questo limite il pianeta ritorna ad appressarsi al sole e quindi giunge in congiunzione superiore. Segue da ciò che in tutto il tempo che scorre tra la congiunzione superiore e l' inferiore il pianeta si vedrà di sera dopo il tramonto del sole presso occidente, e che in tutto quello che scorre tra la congiunzione inferiore e la superiore si vedrà sorgere di mattina in oriente prima del sole.

Delle varie grandezze apparenti e delle fasi dei pianeti.

260. Le distanze di un dato pianeta dalla terra cambiano continuamente ed è grandissima la differenza tra la sua minima distanza e la massima (Vedi il quadro del num. 130). Ciò è una conseguenza dell' essere il sole e non la terra il centro delle planetarie rivoluzioni. La distanza di un pianeta inferiore nel tempo di sua superiore congiunzione supera di un intiero diametro di sua orbita la distanza in cui ritrovasi nel tempo di sua congiunzione inferiore, e la distanza di un pianeta superiore nel tempo di sua congiunzione superiore eccede di un intiero diametro dell' orbita terrestre la distanza in cui trovasi nell' epoca di sua opposizione. Se la congiunzione superiore di un pianeta qualunque succede mentre esso

pianeta e la terra sono al proprio afelio, allora la distanza del pianeta è massima ed è uguale alla somma delle massime distanze del pianeta medesimo e della terra dal sole. Un pianeta inferiore ritrovasi nella minima distanza quando ne occorre la congiunzione inferiore mentre esso passa pel suo afelio e la terra pel suo perielio. Questa distanza in conseguenza eguaglia la differenza tra la minima distanza della terra dal sole e la massima distanza del pianeta suddetto dal sole. Un pianeta superiore è alla minima distanza dalla terra allora che occorrono contemporaneamente la sua opposizione, il suo passaggio pel perielio e il passaggio della terra per l'afelio. La differenza quindi tra la minima distanza del pianeta superiore dal sole e la massima distanza della terra dal sole darà la misura della minima distanza in cui può ritrovarsi un pianeta superiore.

261. Le grandezze apparenti dei pianeti sono reciprocamente come le loro distanze (33). Le dette grandezze apparenti saranno adunque soggette a grandi variazioni. Ciò è quanto l'osservazione continuamente ci mostra. Venere per esempio la quale ha una grandezza apparente di circa un minuto mentre è nella sua minima distanza, non ha che una grandezza di circa 9" mentre ritrovasi nella sua massima distanza che è quasi settupla della minima.

262. Facilmente si spiegano le fasi dei pianeti. Esse dipendono, siccome quelle della luna, dall' essere in un dato istante illuminata dal sole la sola metà del pianeta rivolta al sole stesso e insieme dall' essere visibile per noi quella sola metà che è volta verso la terra.

263. Il circolo *ACEG* (fig. 18) rappresenti l'orbita di venere, nel centro *S* abbia il sole, e gli otto piccoli circoli aventi il rispettivo centro in punti equidistanti di sua circonferenza indichino le corrispondenti posizioni di venere. Le metà di questi piccoli circoli contenute nell' orbita suddetta rappresentano gli emisferi illuminati e le metà esteriori gli emisferi oscuri. Se supponiamo la terra in *T*, i diametri *pq* perpendicolari alle visuali dalla terra a venere condotte indicheranno i rispettivi *circoli di visione*, e i semicircoli rivolti verso *T* gli emisferi visibili. Ora venere abbia una delle posizioni indicate dalla figura mentre la terra è in *T*. Se ha la posizione *A* ovvero se è in congiunzione inferiore, rivolge

verso noi il suo emisfero oscuro, il che impedisce ass
mente di scorgerla, eccetto il caso del suo passaggio
il disco solare nel quale si vede quale nera tacca attr
sare il disco medesimo. Se ha la posizione *B* o quell
apparirà *falcata*; se la posizione *C* o *G* vedremo più
metà di suo disco; se la posizione *D* o *F* ci apparirà
piena; ci apparirebbe *piena* nella posizione *E* in congiun
superiore se l' abbagliante luce del sole con cui nasce e
monta non ci togliesse di discernerla. Segue da ciò ch
nere *cresce* in tutto il tempo che scorre dalla sua con
zione inferiore alla superiore e *cala* in tutto quello che s
dalla congiunzione superiore alla inferiore. Tali fasi per
si distinguono che col mezzo dei telescopj; anzi non è
do è nelle vicinanze di sua congiunzione superiore che
re all' occhio nudo appare più grande e risplendente
tunque allora sia presso che *piena*, bensì quando non è
distante dalla congiunzione inferiore, benchè allora dell'
sfero che ci rivolge sia illuminata appena una metà;
perchè in quest' ultimo caso la sua distanza è quattro
que volte più piccola di quando è presso la congiun
superiore. Il crescere però della parte illuminata dell' em
visibile a proporzione che ne cresce la distanza fa ch
nere appaja per più lungo tempo dotata di sua sing
bellezza.

264. Mercurio presenta fasi eguali intieramente a q
di venere e che si spiegano egualmente.

265. Ancora in marte si distinguono le fasi. Supponet
l' orbita *ACEG* sia quella di marte, che gli otto piccoli c
distribuiti sulla sua circonferenza rappresentino otto su
sive sue posizioni e che nell' interno di detta orbita
esempio in *K* ritrovisi la terra. Conducendo dal terrest
centro marziale le visuali *KE*, *KF*, ecc. e perpendic
mente alle medesime i diametri *xy* dei circoli di visi
dalla semplice ispezione della figura risulterà che marte
può comparir *pieno* se non nelle posizioni *E* ed *A*, nella
posizione cioè e nella congiunzione superiore, che deve
parire sensibilmente pieno nelle vicinanze delle posizioni
desime, ma che in tutte le altre il suo disco deve comp
alquanto mancante di rotondità.

266. Negli altri pianeti superiori non si distinguono le

ed il motivo si ritrova nella troppa loro distanza la quale fa che l' angolo formato dalle visuali condotte dal pianeta una al sole e l' altra alla terra o pure dai *circoli d' illuminazione e di visione* sia piccolo in maniera da non potersi discernere nel disco del pianeta veruna fase.

267. Le fasi dei pianeti dimostrano che non sono luminosi da sè, e che la loro luce, non dissimilmente di quella della luna, deriva dal sole. Succedendo poi le fasi in maniera da non potersi intieramente spiegare se non nel sistema copernicano, danno esse pure una dimostrazione della verità del sistema medesimo.

268. Venere è qualche volta così brillante che vedesi ad occhio nudo in pieno giorno, e la sua luce di notte è tanta che si discernono le ombre dei corpi alla stessa esposti. Questo rimarchevole fenomeno occorre quando venere ha relativamente alla terra le posizioni favorevoli ad inviarci la maggiore copia di luce. Abbiamo veduto che la parte illuminata del suo disco cresce insieme colla sua distanza. L' aumento di detta parte illuminata tende a rendere lo splendore di venere più grande, e l' aumento nella distanza tende a farlo più piccolo. Saravvi dunque una media posizione in cui queste cause si bilancieranno nella maniera più favorevole alla luminosità del pianeta, e sarà in tale posizione che esso offrirà il descritto fenomeno. Venere ritorna in tale posizione ogni ottavo anno (253), ma ancora in più altre posizioni può essere chiara in maniera da discernersi in pieno giorno.

Del moto e posizione dei nodi e degli apsidi delle orbite planetarie.

269. L' osservazione insegnò che i nodi e gli apsidi delle orbite planetarie hanno un piccolissimo moto, quello dei nodi diretto da oriente in occidente e quello degli apsidi da occidente in oriente. Abbiamo detto essere soggetti ad analogo moto ancora i nodi e gli apsidi della orbita lunare (159). Dunque le orbite planetarie, siccome quella della luna, non hanno posizioni affatto costanti, ma la curva descritta dal pianeta in una data rivoluzione non coincide con quella che descrisse nella rivoluzione precedente. La curva descritta nella seconda rivoluzione si direbbe essere la elisse antece-

dentemente descritta la quale si fosse alquanto mossa per assecondare la linea degli apsidi rivolgentesi lentissimamente secondo l' ordine dei segni intorno al foco della elisse medesima.

270. Ancora la inclinazione delle orbite planetarie all' eclittica è soggetta a qualche piccolissima variazione. Si conobbe che presentemente questa inclinazione cresce per mercurio, venere e urano e diminuisce per marte, giove e saturno. Ma queste variazioni sono piccolissime e non giungono ad un minuto in un secolo.

271. La causa dei notati cangiamenti nella posizione delle orbite planetarie dipende dalle mutue attrazioni dei pianeti. Non movendosi essi in uno stesso piano e gravitando l' uno sull' altro secondo la ragione diretta delle masse e l' inversa dei quadrati delle distanze, si concepisce come possano, specialmente quando la mutua distanza non è molto grande, distogliere alquanto l' uno l' altro dal piano in cui si muovevano, e accelerando o ritardando la propria velocità tangenziale cambiare alquanto la posizione degli apsidi di loro orbite. Si spiegherà minutamente l' esposto fenomeno nei §§. seguenti.

272. Intorno la posizione delle orbite planetarie riferiremo il seguente quadro, nella prima casa del quale si dà la grandezza dell' arco dell' eclittica che nel 1.° giorno di questo secolo s' interponeva tra il punto equinoziale di primavera e il *nodo ascendente* (157) delle orbite dei singoli pianeti, e nella 2.ª la grandezza dell' arco dell' eclittica che nel medesimo giorno interponevasi tra il detto punto equinoziale e la perpendicolare condotta dal perielio delle rispettive orbite al piano dell' eclittica. Simili distanze soglionsi chiamare *longitudini*; sicchè la prima casa dà la longitudine dei nodi ascendenti e la seconda la longitudine del perielio dei pianeti. Il moto dei nodi non essendo per quasi tutti i pianeti che di circa un mezzo grado in un secolo e per nessuno maggiore di un grado, e quel degli apsidi essendo per quasi tutti assai minore e per nessuno maggiore di mezzo grado, la loro attuale posizione sarà poco differente dalla riferita nel quadro.

	Longitudine	
	del nodo ascendente	del perielio
Mercurio	45°, 95859	74°, 36337
Venere	74, 87748	128, 61693
Terra	0, 00000	99, 50139
Marte	48, 02445	332, 40663
Cerere	80, 91747	146, 66085
Pallade	172, 54332	121, 23360
Vesta	171, 11052	53, 31141
Giunone	103, 01670	249, 71670
Giove	98, 42616	11, 14308
Saturno	111, 92958	89, 14941
Urano	72, 85392	167, 36166

DELLA GRAVITAZIONE UNIVERSALE.

273. Tutti i corpi costituenti il sistema solare sono insieme avvincolati da una mutua attrazione che ebbe da Newton il nome di *Gravitazione Universale.* Questa è la principalissima delle forze della natura. Tutti i moti dei nominati corpi sono dalla medesima regolati, la loro figura e conservazione da essa dipende e se l' Onnipotente spogliasse la materia di questa proprietà, di cui le fece dono sino dall' istante che la creò, tutto il sistema del mondo si discioglierebbe.

274. Se nei Principj di Meccanica non avessi diffusamente trattato della suddetta forza, qui ne ragionerei dimostrandone la realtà e la maniera di operare. Ma non voglio ripetere quanto in quel libro ne dissi, voglio nonostante raccomandare al Giovane Lettore che ama conoscere alquanto addentro nel sistema dell' universo che non si lasci rincrescere la fatica che può costargli l' acquisto di tali cognizioni e che nel caso che non voglia o possa leggere libri che exprofesso ne trattano, uno dei quali stimatissimo è *L' Esposizione del sistema del Mondo* del Marchese di Laplace autore impareggiabile della *Meccanica celeste*, ne apprenda almeno quanto ne dissi nei citati Principj. Ivi ritroverà dimostrato:

275. Essere i pianeti, i satelliti e le comete soggetti ad una forza centrale (Princ. n. 401.) ed esserne il sole il centro per li pianeti e le comete, e per li satelliti esserlo il pianeta primario intorno a cui si rivolgono (406).

276. Dipendere questa forza centrale da una attrazione mutua di tutti i corpi del sistema, ed essere questa per ciascuno di essi proporzionale alla propria massa (583, 588, 606).

277. Essere quindi i varj corpi costituenti il sistema solare, quantunque differentissimi nella grandezza e fra loro distantissimi, tutti insieme inalterabilmente avvincolati e forniti di una tendenza verso il loro centro comune di gravità (601, 602).

278. Essere conseguentemente di una inevitabile necessità che tutti questi corpi, non esclusa la nostra terra, siano dotati di una velocità tangenziale capace d' ingenerare in loro una forza centrifuga atta a resistere alla descritta tendenza o forza centripeta verso il centro comune di gravità, essere cioè necessario che tutti i detti corpi descrivano sentieri curvilinei intorno al nominato centro di gravità (587, 598).

279. Seguire la predetta forza attrattiva nel suo operare la ragione inversa dei quadrati delle distanze dal corpo attraente (431, 432, 437, 499, 604, 605, 606).

280. Dover per ciò essere circoli o elissi le trajettorie curvilinee di tutti i suddetti corpi (556); dover essere tali quelle descritte dalla terra e dalla luna intorno al centro comune di gravità del piccolo sistema da esse formato (591, 592, 593); quelle descritte da giove e da suoi quattro satelliti, da saturno e da suoi sette satelliti, da urano e da suoi sei satelliti intorno parimente al rispettivo centro di gravità del loro piccolo sistema; quelle finalmente percorse da ciascun pianeta, da ogni cometa, dai centri di gravità dei predetti minori sistemi e dal sole stesso intorno al centro comune di gravità di tutto il sistema solare (601, 602).

281. Essere il centro di gravità del piccolo sistema formato dalla terra e dalla luna talmente presso al centro terrestre da sembrare che questo centro sia pure il centro dei moti della luna (593); essere parimente così presso al centro di giove il centro di gravità del sistema formato da esso

pianeta e da suoi satelliti da apparire che il centro gioviale coincida con quello delle rivoluzioni dei satelliti medesimi; sussistere la medesima cosa nel sistema di saturno e de' suoi satelliti, come pure in quello di urano e dei rispettivi satelliti; essere finalmente così vicino al centro solare il centro di gravità di tutto il sistema del mondo da potersi riguardare il centro solare qual centro di tutti i moti planetarj; ed essere in conseguenza il sistema del mondo in maniera costituito che i corpi minori devono costantemente e senza veruna tregua girare intorno ai maggiori (601, 602).

282. Essere le leggi da Keplero scoperte per mezzo della osservazione (499) strettamente legate colla legge newtoniana (432) e colla natura delle orbite planetarie (507, 541), nè poter le une sussistere senza l'altra, nè questa senza quelle.

283. Dover essere differenti le velocità di un pianeta, di una cometa o di un satellite corrispondentemente ai differenti luoghi in cui ritrovasi di sua orbita, ma non potersi mai estinguere pel volgere di secoli; dover bensì scemare la velocità d' ognuno dei suddetti corpi mentre passa dal basso all' alto apside, ma dovere nel tempo che dall' alto discende al basso apside nuovamente crescere di quanto era scemata (520, 524, 560).

284. In una parola essere effetto della suddetta gravitazione universale, di una tangenziale velocità impressa originariamente nei nominati corpi dalla Mano Creatrice e delle eterne ed immutabili leggi geometriche del moto tutto quanto osserviamo nella figura (454 e seguenti, 647) e nel moto di tutti i corpi del sistema solare, ed essere questo sistema una ammirabile macchina, sorprendente egualmente per la immensa sua vastità, che per la sublime sua semplicità. Queste e più altre verità spettanti la costituzione del sistema solare si ritroveranno dal Lettore chiaramente esposte nei citati Principj, il quale, siccome può facilmente persuadersi, senza tali nozioni è impossibile che abbia una sufficiente idea del meccanismo dell' universo. Ma quale idea può concepirsi più magnifica di questa? L' uomo è nulla appetto del sistema solare, nonostante col suo pensiere può abbracciarne tutta la immensità e co' suoi ragionamenti regolarne tutti i moti.

Forza attrattiva, Massa, Densità e Gravità dei corpi del sistema solare.

285. La mutua attrazione per cui tutti i corpi del sistema solare gravitano gli uni sugli altri è una vera *forza centrale* dotata di tutte le proprietà che caratterizzano le forze di un tal genere (276 e 277). Ugenio insegnò più maniere di esprimere la ragione sussistente tra due forze centrali (Mecc. §. 46. n. 428). Con quella che deducesi dall' *essere le forze centrali come le distanze dei corpi su i quali operano divise pei quadrati dei tempi periodici*, possiamo con facilità avere la ragione che sussiste tra la forza attrattiva del sole e quella dei pianeti che hanno satelliti. Per la citata legge la forza attrattiva del sole in una distanza R in cui avvolgesi un dato pianeta A sta alla forza attrattiva di un pianeta B in una distanza r in cui avvolgesi un suo satellite C, come la distanza R divisa pel quadrato della rivoluzione siderale del pianeta A sta alla distanza r divisa pel quadrato della rivoluzione siderale del satellite C. Fatta $= 1$ la suddetta forza attrattiva del sole, si otterrà in unità di tale specie la espressione della forza attrattiva che il pianeta B esercita in una distanza $= r$. Ma atteso la legge newtoniana la forza che il pianeta B esercita in una distanza r sta a quella che eserciterebbe in una distanza R, come R^2 sta a r^2. Per aver dunque l' espressione della forza attrattiva del pianeta B in una distanza R devesi moltiplicare l' espressione dell' attrazione che esercita nella distanza r per la ragione di r^2 a R^2. Con ciò si ottiene l' espressione che qui ricercasi della ragione cioè che ritrovasi tra la forza attrattiva del sole e quella del pianeta B considerati ambidue in una eguale distanza. Questo metodo di determinare la ragione tra la forza attrattiva del sole e quella di un pianeta non è applicabile che ai pianeti che hanno almeno un satellite, alla terra, a giove, a saturno e a urano. Per gli altri pianeti gli astronomi ricorrono ad altri calcoli fondati sopra le perturbazioni che un pianeta cagiona nel moto di un altro, perturbazioni differenti secondo le differenti loro distanze. Parimente si accingono a determinare le attrazioni dei satelliti per mezzo delle perturbazioni che si cagionano vicendevolmente o pure che cagionano

al pianeta intorno a cui si rivolgono. La natura di questo libro non consente che entriamo in queste particolarità e però ci restringeremo a riferire quei risultamenti delle altrui fatiche che meritarono l' accettazione dei Dotti.

286. La forza attrattiva per cui i corpi del sistema solare gravitano gli uni sugli altri è proporzionale alla rispettiva massa (277). Le ragioni adunque che sussistono tra le vicendevoli forze attrattive dei detti corpi esprimeranno eziandio quelle che sussistono tra le loro masse, e le espressioni nella indicata maniera calcolate delle forze attrattive si dovranno riguardare ancora come le vere espressioni delle masse.

287. Conoscendosi i valori delle masse dei pianeti in parti della massa solare presa come unità, si potranno valutare le masse del sole e dei pianeti ancora in unità di cui ciascuna valga la massa terrestre. Per far ciò basta dividere la massa del sole o del pianeta espressa nella prima maniera per la massa terrestre espressa parimente nella prima maniera.

288. I valori dei volumi del sole e dei pianeti si leggono nel quadro del numero 131. Dalla cognizione dei volumi e delle masse si deducono le ragioni delle densità le quali sono direttamente come le masse e reciprocamente come i volumi (V. Mecc. §. 3. n. 32). Prendendosi come unità la densità terrestre di cui si hanno alcune cognizioni (V. Mecc. n. 383, 384), per mezzo della indicata proporzione che nel citato numero 32 era così espressa: $D : d = Mv : mV$, fatto $d = 1$, e mettendo invece di M e V la massa e il volume del sole o del pianeta e per m e v la massa e il volume terrestre, ovvero l' unità purchè i valori di M e V siano espressi in unità di cui ciascuna valga la massa o il volume terrestre, si otterranno le espressioni delle densità rispettive del sole o del pianeta.

289. Per la legge newtoniana l' attrazione dei corpi del nostro sistema è direttamente come la massa e reciprocamente come il quadrato delle distanze. Inoltre i detti corpi attraggono come se tutta la loro forza attrattiva emanasse dal proprio centro (V. Mecc. §. 53, n. 636 e seguenti). Alla superficie di ognuno dei nominati corpi adunque la forza attrattiva ovvero, per chiamarla collo stesso nome che usiamo qui sulla faccia terrestre, la *gravità* sarà direttamente come la

massa e reciprocamente come il quadrato del raggio di esso corpo. In conseguenza la gravità media sulla faccia terrestre sta alla gravità media sulla faccia di un altro corpo del nostro sistema, come la massa terrestre divisa pel quadrato del suo raggio medio sta alla massa di detto corpo divisa pel quadrato del suo medio raggio. La gravità sulla faccia terrestre è nota e possiamo rappresentarla o colla unità o colla velocità che essa comunica ai corpi nella loro libera caduta in ogni minuto secondo. Questa velocità nella media latitudine di 45° è di piedi 30,1868 (V. Mecc. n. 381). Ci sarà quindi facile il ritrovare il valore della media gravità che si esercita sulla faccia del sole e dei pianeti o espresso in unità di cui ognuna valga la media gravità terrestre o col medio numero di piedi di cui un corpo accelera in ogni minuto secondo la sua libera caduta presso la superficie di questi astri. Per ottenere risultamenti più esatti in questo calcolo bisognerebbe prendere in considerazione ancora i diversi effetti della forza centrifuga sulla faccia degli astri nominati.

290. Le prime due case del seguente quadro contengono le espressioni delle masse del sole, dei pianeti, della luna, dei satelliti gioviali e dell' anello di saturno. Nelle espressioni della prima casa si prese per unità la massa solare, in quelle della seconda la massa terrestre. La terza casa offre i valori delle densità dei nominati corpi: l' unità in cui sono espressi è la densità terrestre. Le espressioni delle masse dei pianeti aventi satelliti si calcolarono dall' immortale autore della Meccanica celeste Marchese Laplace parte servendosi della maniera qui sopra indicata (276), parte appoggiandosi alle perturbazioni dai medesimi cagionate agli altri corpi del sistema. Per determinare le masse di marte e di venere il medesimo autore usò delle perturbazioni dài medesimi apportate dall' uno all' altro e alla terra e alla luna. La massa lunare parimente si calcolò per mezzo dei varj effetti da essa prodotti sulla terra colla sua attrazione, uno dei quali a tutti noto è il flusso e riflusso del mare. Si calcolarono parimente da Laplace per mezzo dei loro effetti le masse dei satelliti gioviali. Il valore della massa di saturno e di quella del suo anello è conforme ai calcoli del Sig. Bessel astronomo di Conigberga. A proporzione che mag-

giormente si conosceranno gli effetti eziandìo degli altri corpi del sistema solare se ne dedurranno ancora i valori delle rispettive masse. La massa di mercurio finalmente si determinò dal prelodato Laplace dietro la considerazione del suo volume e supponendo che le densità di questo pianeta e della terra siano reciprocamente come le loro medie distanze dal sole, ipotesi per verità molto precaria, ma che nonostante si accorda assai bene colle densità rispettive della terra, di giove e di saturno. Le continuate osservazioni ed il tempo rettificheranno ove ne abbisognano tutte queste espressioni.

	Valori delle masse paragonate		*Densità paragonate alla terrestre*
	alla solare	*alla terrestre*	
Sole	1,000000000	337086,0000	0,251609
Mercurio	0,000000493	0,1662	3,024563
Venere	0,000002804	0,9420	1,052984
Terra	0,000002966	1,0000	1,000000
Marte	0,000000393	0,1325	0,885103
Giove	0,000937128	315,9568	0,246613
Saturno	0,000285940	96,0688	0,096618
Urano	0,000051281	17,2559	0,212263
Luna	. . . .	0,0146	0,717570
1.° Satellite gioviale . . .		0,005475	. . . . .
2.°		0,007342	. . . . .
3.°		0,027962	. . . . .
4.°		0,013578	. . . . .
Anello di Saturno		0,814100	. . . . .

291. La prima casa del seguente quadro contiene il medio valore della gravità sulla faccia del sole e dei pianeti espresso in unità di cui ognuna vale la media gravità terrestre. La seconda casa contiene il medesimo valore espresso in piedi parigini.

	Medie gravità dei pianeti paragonate alla terrestre	
	= 1	= 30,1868 *piedi*
Sole	27,0000	815,0436
Mercurio	1,1268	34,0145
Venere	1,0116	30,5370
Terra	1,0000	30,1868
Marte	0,4700	14,1878
Giove	2,6780	80,8403
Saturno	0,9645	29,1152
Urano	0,9195	27,7567
Luna	0,1960	5,9166

Delle perturbazioni del moto lunare.

Abbiamo già detto che il moto della luna è soggetto a molte varietà. Ora indicheremo brevemente in che cosa desse consistano e quale ne sia la cagione.

292. Se la luna non fosse soggetta che alla terrestre gravità, l'orbita che regolarmente descriverebbe in ogni sua rivoluzione sarebbe una perfetta elisse avente un foco in quel punto dell' interno della terra nel quale ritrovasi il centro comune di gravità dei due corpi terra e luna (Mecc. 592), e la sua velocità non sarebbe soggetta che alle variazioni a cui è sottoposta quella di un qualsivoglia corpo che descrive una elisse per effetto di una forza centripeta che segue la ragione inversa dei quadrati delle distanze e che è diretta costantemente verso uno stesso foco. Ma la luna sente eziandio l' attrazione solare. Nè il sole attrae sempre egualmente

la terra e la luna, nel qual caso non si produrrebbero irregolarità nel moto lunare, poichè la risultante di queste eguali attrazioni sarebbe costantemente applicata al centro comune di gravità dei detti corpi e ad altro non tenderebbe che ad appressare al sole il centro stesso, o ciò che significa la medesima cosa, ad appressare al sole di eguali quantità in eguale tempo la terra e luna: ma in vece il sole ora attrae più intensamente la terra, ora la luna. Infatti questi due astri non si trovano quasi mai in distanze eguali dal sole, ma ora è più presso al sole la terra ed ora la luna; e questa differenza di distanza è specialmente grande nelle *sizigie*, cioè nel novilunio e nel plenilunio. Ma per la legge newtoniana se viene moltiplicata per una qualsivoglia quantità *n* intiera o frazionaria la distanza tra due corpi del sistema solare, viene contemporaneamente divisa pel quadrato di *n* la forza di mutua attrazione che insieme avvincola i due corpi. Da ciò segue che il moto della luna, lungi dall' essere soggetto alle sole vicissitudini di ogni moto elittico, sarà inoltre soggetto a tutte quelle irregolarità che può nel medesimo cagionare la notata varietà dell' attrazione solare.

293. Consideriamo primieramente quale sarà l' effetto dell' attrazione solare sulla luna all' epoca del novilunio. In quest' epoca il sole attrae con più intensione la luna che la terra, essendogli quella meno distante di questa di una quantità eguale alla distanza della luna dalla terra. Questo eccesso di forza tende a discostare la luna dalla terra, ed essendo opposto all' attrazione che la terra esercita sulla luna ne equilibra una parte e per conseguenza la forza centripeta che in tale epoca ritiene la luna nella sua orbita diviene semplicemente eguale all' attrazione terrestre diminuita del notato eccesso di attrazione solare. Ma se in un qualsivoglia moto curvilineo vien meno la forza centripeta, il mobile per effetto della forza centrifuga si discosta dal centro delle forze. Il raggio vettore della luna in congiunzione diverrà dunque maggiore di quello sarebbe senza la esposta influenza solare. Nè è unicamente nel punto in cui succede la sua congiunzione che la luna è più vicina al sole che la terra e che per conseguenza ne è maggiormente attratta, ma lo è ancora per alcuni giorni prima e per alcuni dopo la congiunzione medesima. L' attrazione solare adunque opera sulla luna nel

tempo che ritrovasi in congiunzione e nelle vicinanze della medesima in modo che ne aumenta la distanza dalla terra e ne rende più ampia l' orbita.

294. Un effetto eguale succede nell' epoca del plenilunio nella quale è dal sole maggiormente attratta la terra che non la luna. Questo eccesso di attrazione tende a discostare la terra dalla luna, e poichè è opposto alla forza di mutua attrazione che lega insieme la terra colla luna, quest' ultima forza ne viene contrariata ed in parte equilibrata. Dunque ancora in questo caso rimane diminuita la forza centripeta lunare, e questa diminuzione sarà sensibilmente eguale a quella che accade nell' epoca del novilunio, perchè di quanto allora era più presso al sole la luna della terra, ora è di circa altrettanto più presso al sole questa di quella. Questa diminuzione inoltre non succede unicamente nel punto dell' opposizione, ma incomincia alcuni giorni prima e non si estingue che alcuni giorni dopo. Ma una diminuzione nella forza centripeta allunga i raggi vettori e amplia l' orbita.

295. All' epoca delle *quadrature* l' azione solare produce un effetto opposto: invece di diminuire la forza centripeta della luna e di ampliarne l' orbita, aumenta la detta forza e ne restringe l' orbita. In quest' epoca infatti l' attrazione obbliqua che il sole esercita sulla luna equivale a due forze componenti, una paralella a quella che il sole esercita sulla terra e una perpendicolare e che però coincide con la forza della terrestre gravità ed ha la stessa direzione. La componente prima non tende che ad appressare la luna al sole in direzione paralella a quella in cui viene contemporaneamente appressata al sole ancora la terra, ma l' altra componente si compone con la terrestre attrazione, per il che la luna ritrovasi soggetta ad una forza contripeta eguale alla somma di queste due forze. Ma ad un aumento di forza centripeta nel moto curvilineo corrisponde necessariamente una diminuzione di raggio vettore ed un ristringimento di orbita. L' influenza solare adunque al tempo delle quadrature lunari tende a restringere l' orbita lunare e ad appressare la luna alla terra. Ma questo effetto è assai minore dell' effetto opposto che lo stesso sole produce sulla luna nel tempo delle sizigie, nè in conseguenza giunge a distruggerlo, ma unicamente alquanto lo minora. Però dobbiamo concludere che in gene-

rale la forza perturbatrice che il sole esercita sulla luna ne aumenta la distanza dalla terra e ne amplia l' orbita.

296. Il notato eccesso dell' attrazione che il sole esercita sopra uno dei due corpi insieme avvincolati dalla loro mutua attrazione terra e luna non è sempre egualmente grande, ma è soggetto a molte varietà dipendenti dalle diverse distanze dell' uno dall' altro. Se per esempio avvengono le sizigie mentre la luna è perigea, allora essendo minima la differenza tra la distanza dell' uno e la distanza dell' altro dal sole, ancora il suddetto eccesso sarà minimo: al contrario se le sizigie occorrono mentre la luna è apogea, essendo allora massima la differenza tra le dette distanze dal sole, sarà parimente massimo l' eccesso di cui si parla. Questo eccesso poi avrà mille grandezze intermedie corrispondentemente alle mille intermedie differenze tra le dette distanze. Ma se la causa che tende in generale ad ampliare l' orbita lunare varia continuamente in intensione, ancora l' effetto continuamente varierà e l' ampliazione dell' orbita lunare sarà sempre varia corrispondentemente al diverso grado d' intensione della forza che la produce. L' orbita che la luna descrive nella successiva rivoluzione sarà differentemente ampla di quella che descrisse nella rivoluzione antecedente, e per la notata cagione, prescindendo ora da qualunque altra causa perturbatrice, la luna non potrà più descrivere un' orbita eguale a quest' ultima, se non quando occorreranno un' altra volta le sue sizigie in punti di sua orbita egualmente situati relativamente a' suoi apsidi; ciò che non succederà che al termine di un certo periodo di tempo dipendente dalla durata della rivoluzione degli apsidi lunari e di quella delle rivoluzioni della luna.

297. Ancora un' altra causa concorre ad alterare l' ampiezza dell' orbita lunare. L' attrazione che il sole esercita sul piccolo sistema formato dalla terra e dalla luna non è sempre ugualmente intensa, siccome nel precedente ragionamento sembrava che si supponesse, ma è sottoposta a grandi variazioni cagionate dalla differente distanza in cui nel corso di ogni rivoluzione annua della terra ritrovasi il detto sistema dal sole. Quando per esempio la terra sulla fine di dicembre è al suo perielio, allora massima è la forza con cui il sole attrae il detto sistema, e però è massima ancora la

forza che rende più ampia l' orbita lunare. Quando al contrario la terra sulla fine di giugno è al suo afelio, allora la forza attrattiva del sole sopra il suddetto sistema è minima, e quindi minima è pure la forza che amplia l' orbita lunare. Mentre poi la terra ascende dal perielio all' afelio, siccome il suo raggio vettore va continuamente crescendo, così va continuamente e gradatamente scemando in tutto questo tempo la forza attrattiva solare e conseguentemente ancora quella che discosta la luna dalla terra, e reciprocamente le suddette forze vanno continuamente e gradatamente aumentando in tutto il tempo in cui la terra discende dall' afelio al perielio corrispondentemente al continuo e graduato scemare del raggio vettore. Dunque ancora per questa causa l' orbita lunare dovrà continuamente variare in ampiezza.

298. Se l' orbita lunare varia continuamente in ampiezza, la media velocità lunare dovrà pure corrispondentemente variare, giacchè nei moti planetarj le medie velocità sono reciprocamente come le radici quadrate delle medie distanze dai centri delle forze (Mecc. 433, 519, 520). Dunque quando la terra è all' afelio, nel qual tempo sono minime la solare attrazione e la velocità annua della terra, massima sarà la velocità lunare, e quando la terra è al perielio, nel qual tempo sono massime l' attrazione solare e l' annua velocità della terra, minima sarà la velocità della luna. Così che all' aumentare della velocità annua nella terra, scema la velocità con cui la luna descrive la propria orbita, e reciprocamente.

299. Un' altra causa ancora fa cambiare la velocità lunare. La direzione del moto della luna fa in ogni lunazione grandi cambiamenti relativamente alla direzione dell' attrazione solare. Però questa attrazione ora asseconderà ora contrarierà il detto moto, ora cioè ne aumenterà ora ne diminuirà la velocità. Nel tempo per esempio che la luna passa dalla congiunzione all' opposizione, la direzione del suo moto è opposta alla direzione dell' attrazione solare, e però questa attrazione diminuirà la velocità lunare; succederà l' opposto nel tempo che passa dalla opposizione alla congiunzione nel quale il di lei moto è assecondato dall' attrazione solare, la quale per conseguenza ne aumenterà la velocità.

300. Tutte le notate varietà e molte altre che si osservano nel moto lunare si spiegano esattamente col mezzo della gravitazione universale proporzionale direttamente alla massa e inversamente ai quadrati delle distanze. E l'astronomo geometra ha la bella soddisfazione di vedere che tutte le accennate varietà succedono esattamente in quella maniera ed hanno quella precisa grandezza che a lui vengono predette dai suoi calcoli fondati sulla riferita legge newtoniana.

Del moto degli apsidi della luna e dei pianeti.

301. L'orbita lunare non è solamente soggetta a variare in grandezza, ma eziandio a cambiare di posizione relativamente alle stelle. Infatti i suoi apsidi hanno un continuo moto diretto verso oriente (162), i suoi nodi ne hanno uno diretto verso occidente (160) e la sua inclinazione all'elittica si altera frequentemente (158). Tutti questi fenomeni, siccome quelli del §. precedente, dipendono dall'azione che il sole esercita sulla luna, e si spiegano completamente col mezzo della medesima. Non farò che accennare come per causa di detta azione possano succedere i detti fenomeni.

302. La curva che descrivono i pianeti intorno al sole e quella che i satelliti descrivono intorno al loro pianeta primario è elittica purchè la forza centripeta che opera sopra i medesimi segua costantemente la ragione inversa dei quadrati delle distanze. Ma se per l'intervento di qualche forza estranea che colla suddetta si componga quest' ultima diviene maggiore o minore di quello essere dovrebbe secondo la inversa ragione dei quadrati dei raggi vettori, la curva cesserà di essere una perfetta elisse, poichè l'arco che l'astro percorrerà mentre la sua forza centripeta eccederà la detta ragione spetterà ad una curva minore e di una maggiore convessità, e inversamente l'arco che percorrerà mentre la forza è più debole di quello dovrebbe comparativamente al raggio vettore, spetterà ad una curva più ampia e di una più piccola convessità. Se dunque la forza centripeta d'uno dei predetti astri soffrirà molte variazioni nel tempo d'una rivoluzione dell'astro stesso, l'orbita non sarà una perfetta elisse, bensì un'unione di diversi archi spettanti ad altrettanti elissi differentemente grandi. Questo è quanto l'attra

zione solare cagiona nell' orbita lunare e che abbiamo esposto nel precedente paragrafo. Ma non possono succedere tali cambiamenti nella convessità di un' orbita senza che gli apsidi dell' orbita medesima non mutino corrispondentemente di posto l' uno rispetto all' altro. Infatti se mentre l' astro passa dal basso all' alto apside la sua orbita per causa di un aumento della forza centripeta s' incurva maggiormente e si restringe, l' alto apside si costituirà in un punto meno avanzato verso oriente di quello in cui si ritrovava prima di tale aumento, come se realmente quest' ultimo punto avesse retrogradato, e quindi l' astro giungerà alla sua massima distanza dal centro di moto prima di essere pervenuto al punto di sua orbita diametralmente opposto a quello in cui ritrovavasi mentre era alla minima distanza dal centro medesimo. Parimente se l' aumento nella forza centripeta succede mentre l' astro passa dall' alto al basso apside, per l' aumento che ne conseguita nella curvatura dell' orbita l' astro si ritroverà alla minima distanza dal suo centro di moto prima di essere arrivato al punto di sua orbita opposto diametralmente all' alto apside. Ecco dunque come un aumento nella forza centripeta fa che l' astro incontri i suoi apsidi successivamente prima di quello li incontrerebbe se la sua forza centripeta non aumentasse in intensione. Ecco in quale maniera gli apsidi dei pianeti e dei satelliti possano apparire dotati di un moto retrogrado, diretto cioè da oriente in occidente: basta che per causa di qualche forza perturbatrice la loro forza centripeta divenga più grande di quanto richiederebbe la legge newtoniana. Vedesi però come il descritto moto degli apsidi dipende da un vero e reale cambiamento di figura ingenerato nell' orbita dall' aumento della forza centripeta.

303. Se poi la forza centripeta invece di un aumento soffre una diminuzione, succede precisamente l' opposto: gli apsidi si avanzano verso oriente seguendo l' ordine dei segni celesti. Infatti se tale diminuzione accade mentre l' astro passa dal basso all' alto apside, l' arco che avvenuta tale diminuzione intraprende a descrivere spetta ad una elisse più ampia e meno convessa. Questa in conseguenza ha il suo alto apside tanto più al di là relativamente a qualche stella del punto in cui l' avrebbe avuto la elisse da cui l' astro deviò, quanto più quella è meno convessa di questa. Nè dissimil-

mente deve andare la cosa quando una tale diminuzione di forza centripeta occorre mentre l' astro dall' alto discende al basso apside. Tanto più tardi la forza centripeta lo ridurrà alla minima distanza dal centro di moto, quanto più è stata diminuita. Il punto pertanto del cielo a cui corrisponderà il basso apside di detto astro non sarà opposto a quello a cui corrispondeva l' alto apside, ma ne sarà più avanzato verso oriente. Se dunque la forza centripeta di un astro per causa di qualche estranea forza decresce più che non richiede la legge newtoniana, l' orbita diviene meno convessa e ciò fa che gli apsidi del medesimo si portino successivamente sempre più verso oriente seguendo la direzione stessa dell' astro.

304. La forza centripeta lunare nel tempo delle quadrature cresce in intensione per causa dell' attrazione solare (295). Questa crescita adunque tenderà a dare un moto retrogrado agli apsidi lunari, i quali realmente, se la suddetta forza non incontrasse niun' altra vicissitudine, retrograderebbero da oriente in occidente. Ma mentre la luna è nelle sizigie, la forza centripeta lunare per causa della medesima attrazione solare soffre una diminuzione assai più notabile del suddetto aumento. Per tale diminuzione gli apsidi lunari devono avanzarsi verso oriente di una quantità tanto maggiore della retrogradazione richiesta dal notato aumento, quanto più la diminuzione è maggiore dell' aumento medesimo. Però gli apsidi dovranno procedere verso oriente in ogni lunazione di una quantità eguale a quella di cui avrebbero dovuto avanzarsi per la sola diminuzione, meno quella di cui avrebbero dovuto retrogradare per il solo aumento. Abbiamo già detto quanto è la durata di una intiera rivoluzione siderale degli apsidi lunari (162). La loro velocità poi è soggetta a varie vicissitudini, tutte però correlative alle tanto differenti intensioni con cui la forza perturbatrice solare influisce sulla luna. Ma l' osservazione dimostra continuamente all' astronomo geometra che i moti degli apsidi lunari e tutte le varietà che nei medesimi moti si osservano sono precisamente concordi coi risultamenti dei calcoli che hanno per base la legge newtoniana.

305. Ancora gli apsidi delle orbite dei pianeti hanno un moto diretto secondo l' ordine dei segni celesti, eccetto però quelli dell' orbita di venere i quali hanno un moto retro-

grado. Se sopra i pianeti non operasse che l' attrazione solare, le loro orbite sarebbero esattamente regolari, i loro apsidi sarebbero immobili relativamente alle stelle, siccome immobili ne sarebbero le orbite. Ma sopra un pianeta opera eziandio l' attrazione degli altri pianeti, attrazione variabilissima corrispondentemente alla variabilissima loro distanza. Anche i pianeti saranno adunque sottoposti a forze perturbatrici che ora asseconderanno la loro forza centripeta e con essa si comporranno ed ora la contrarieranno e ne distruggeranno parte e che alle loro orbite cagioneranno vicissitudini analoghe a quelle che la influenza solare apporta all' orbita lunare. Siccome poi dalla direzione del moto degli apsidi si deduce se la forza centripeta di un astro è aumentata o diminuita, così potremo concludere che le suddette forze perturbatrici aumentano la forza centripeta di venere e che diminuiscono quella di tutti gli altri pianeti non eccettuata la terra (187). Ma il moto degli apsidi planetarj è piccolissimo comparativamente a quello degli apsidi lunari (162). Ciò mostra che il risultamento finale di tutte le varie perturbazioni che un pianeta soffre per causa delle variabilissime influenze di tutti gli altri è piccolissima cosa in confronto dell' attrazione che il sole esercita sopra il medesimo.

Delle variazioni nella inclinazione della orbita lunare e del moto dei nodi della medesima.

306. Di due altri fenomeni lunari dobbiamo indicare la cagione, della varietà che si osserva nella inclinazione dell' orbita lunare (158) e del moto retrogrado dei nodi dell' orbita medesima (160).

307. Ambidue questi fenomeni dipendono dalla inclinazione dell' orbita lunare all' eclittica e dalla solare attrazione. Se il piano dell' orbita lunare coincidesse con quello dell' eclittica, la solare attrazione a cui la luna è soggetta si dirigerebbe sempre lungo il piano stesso dell' eclittica, e quindi questa forza non potrebbe punto distogliere la luna dal piano medesimo. Ma essendo al contrario l' orbita lunare inclinata all' eclittica, sarà alla medesima inclinata ancora la direzione della predetta forza, eccetto i momenti in cui la luna passa per li nodi. Questa forza obbliqua equivale a due forze com-

ponenti, una paralella e l'altra perpendicolare all' eclittica. La prima tende ad accostare la luna al sole in direzione paralella a quella secondo cui ancora la terra è attratta verso il sole stesso, e quindi non ha influenza veruna nei fenomeni di cui parliamo; la seconda attrae la luna verso il piano dell' eclittica. La direzione del moto lunare viene modificata da questa seconda forza, e l'arco che in un piccolissimo intervallo di tempo per esempio in un minuto secondo la luna descrive deve riguardarsi come la diagonale di un paralellogrammo, un lato del quale sia eguale in grandezza e direzione allo spazio di cui essa procederebbe in detto tempo senza l' intervento della suddetta forza e l' altro sia eguale allo spazio di cui nel tempo medesimo per causa della detta forza, se sola operasse, al piano dell' eclittica si appresserebbe. Da ciò segue che la luna mentre percorre l' arco di sua orbita compreso tra un nodo e quel punto che dal trovarsi alla massima distanza dall' eclittica chiameremo *limite*, non potrà in verun istante tanto scostarsi dall' eclittica quanto si scosterebbe senza la predetta forza, in guisa che l' arco che percorrerà avrà tutti i successivi suoi punti meno discosti dall' eclittica di quelli dell' arco che senza una tale influenza avrebbe percorso. Segue inoltre che la luna mentre passa dal limite all' altro nodo, poichè in ciascun istante è sollecitata ad appressarsi all' eclittica, traccierà un cammino che sempre maggiormente piegherà verso l' eclittica e per conseguenza arriverà al piano della medesima più presto di quello vi sarebbe giunta senza la notata influenza. Ma l' arco compreso tra il nodo ed il limite non viene appressato all' eclittica, senza che non divenga minore l' inclinazione dell' arco stesso all' eclittica o, come suole dirsi, dell' intiera orbita lunare, giacchè se la reputa tutta tracciata lungo uno stesso piano. Nè può essere maggiormente piegato verso l' eclittica l' arco compreso tra il suddetto limite e l' altro nodo senza che non aumenti l' inclinazione dell' arco stesso o come suol dirsi dell' orbita lunare all' eclittica e senza che il nodo dell' orbita stessa non retrogradi.

308. Rappresentiamo con la retta *AB* (fig. 19) il piano dell' eclittica e con la retta *DE* che incontra l' eclittica sotto l' angolo *EDB* un arco dell' orbita lunare e la direzione del

moto della luna, mentre, passato il nodo *D*, s' incammina verso il corrispondente limite. Il detto angolo *EDB* misurando l' inclinazione dell' arco *DE* misura pure quella dell' orbita lunare nel tempo che la luna descrive l' arco medesimo. Indichiamo con *EF* preso sul prolungamento di *DE* lo spazio di cui la luna seguendo la direzione *DE* dovrebbe avanzarsi in un secondo di tempo e colla *EG* perpendicolare all' eclittica *AB* lo spazio di cui in detto secondo la forza solare, se sola operasse, appresserebbe all' eclittica la luna. Compiuto il parallelogrammo *FEGH*, vedesi che la luna, abbandonata la direzione *EF*, s' invierà lungo la *EH* che meno discostasi dal piano dell' eclittica e che prolungata incontra l' eclittica in *K* sotto l' angolo *HKB* minore di *EDB*. Succederà un analogo effetto in ciascuno dei secondi che la luna impiegherà in passare dal nodo *D* al limite, e un tale effetto sarà specialmente notabile nel tempo in cui la luna sarà vicina al limite stesso, essendo allora maggiore la forza *EG* la quale per la legge della composizione delle forze è tanto più grande quanto più è grande l' angolo formato dall' attrazione che il sole esercita sulla luna col piano dell' eclittica. Dunque per causa della forza *EG* la inclinazione dell' orbita lunare all' eclittica dovrà scemare in tutto il tempo che la luna impiega in passare da un nodo al limite corrispondente.

309. La retta *AB* (fig. 20) rappresenti ancora il piano dell' eclittica e la *EFD* la direzione del moto lunare nel tempo che la luna passa pel punto *E* di sua orbita andando dal limite verso l' eclittica. In tale momento l' inclinazione di sua orbita all' eclittica sarà misurata dall' angolo *EDA* e il suo nodo sarà in *D*. Ma se la luna mentre passa per *E* va soggetta alla forza solare *EG* che la trae verso l' eclittica, essa dovrà abbandonare la sua direzione *ED*. Sia infatti *EF* lo spazio di cui essa senza la notata influenza solare si avanzerebbe in un secondo di tempo seguendo la sua direzione *ED* e sia *EG* lo spazio di cui per la sola influenza solare si appresserebbe all' eclittica: per l' azione composta delle due forze *EF*, *EG* in detto tempo percorrerà la diagonale *EH*, il prolungamento della quale incontra l' eclittica nel punto *K* sotto l' angolo *EKA* maggiore di *EDA*. Un deviamento analogo e sempre fatto nel verso medesimo deve suc-

cedere in tutti i secondi che scorrono mentre la luna passa dal limite al nodo, e tali deviamenti devono essere massimi mentre essa è presso al limite, essendo allora più intensa la forza *EG*. Dunque l' inclinazione dell' orbita lunare all' eclittica aumenta nel tempo che la luna va dal limite al nodo.

310. Ma si osservi che mentre aumentò la detta inclinazione, il nodo che era in *D* retrogradò da *D* in *K* andando da *B* verso *A* in direzione contraria al moto lunare, cioè da oriente verso occidente. La luna che senza la forza *EG* avrebbe attraversato il piano dell' eclittica nel punto *D*, per causa di detta forza che la sollecitò ad appressarsi all' eclittica giunge ad attraversarne il piano in un punto *K* meno avanzato verso oriente del punto *D*. Un analogo effetto deve succedere in ogni passaggio della luna per un suo nodo, perchè la forza *EG* opera sempre mentre la luna da un suo limite ritorna al nodo. Dunque ognuno dei nodi lunari deve avere un continuo moto retrogrado da oriente in occidente; e ciò è appunto quanto si osserva. Ma questo moto, siccome pure la continua variazione nella inclinazione dell' orbita lunare non sono che conseguenze necessarie dell' attrazione che continuamente il sole esercita sulla luna. L' astronomo se accompagna col calcolo fondato sulla legge newtoniana il moto lunare, il calcolo gli mostra come debbano secondo la detta legge succedere tutti gli esposti fenomeni ed avere precisamente quella estensione e quei periodi che la più scrupolosa osservazione vi scopre. Però egli è costretto a riguardare ciascuno degli esposti fenomeni quale ineluttabile dimostrazione del sistema della gravitazione universale.

311. Ancora nelle orbite planetarie osservasi qualche piccola variazione d' inclinazione e un lento moto dei nodi (269...). Questi effetti nell' orbita di un dato pianeta sono prodotti dall' attrazione che tutti gli altri esercitano sopra il medesimo e dall' essere la sua orbita alquanto inclinata a quelle di tutti gli altri. La piccolezza di questi effetti mostra la poca intensione della forza da cui dipendono.

Della causa della precessione degli equinozj e della mutazione dell' asse terrestre.

312. Fra le perturbazioni che vicendevolmente si cagionano i corpi del sistema solare con la loro mutua attrazione e che servono di dimostrazione della realtà di questa forza e della legge newtoniana a cui è soggetta sono rimarcabilissime la *precessione degli equinozj*, fenomeno che abbiamo già esposto (183 e 184), e la *nutazione dell' asse terrestre*, fenomeno che faremo conoscere nell' atto che ne indicheremo la cagione. Questi due fenomeni sono prodotti dall' attrazione che il sole e la luna esercitano sulla massa che costituisce la elevazione della terra presso la linea equatoriale e dalla inclinazione dell' eclittica e dell' orbita lunare all' equatore.

313. Abbiamo veduto nel §. precedente come la luna per causa dell' attrazione solare e della inclinazione di sua orbita all' eclittica deve arrivare al piano della medesima e attraversarlo sempre prima di giungere al punto in cui l' attraversò nella precedente rivoluzione, fenomeno che porta il nome di *moto retrogrado dei nodi dell' orbita lunare*. Supponiamo ora che presso la terrestre superficie si avvolga nel piano equatoriale un altro satellite della terra. Il sole opererebbe ancora sopra di questo nella maniera medesima che opera sopra la luna; l' inclinazione di sua orbita anderebbe soggetta a vicissitudini come quella della luna, ed esso dovrebbe in tutte le successive rivoluzioni attraversare l' eclittica in punti sempre meno avanzati verso oriente o, ciò che significa lo stesso, i nodi di sua orbita avrebbero un moto retrogrado. Eguali vicissitudini succederebbero eziandio a mille altri satelliti che al pari del supposto si avvolgessero intorno alla terra in orbite situate nel piano equatoriale. Le inclinazioni di loro orbite non potrebbero conservarsi costanti e i nodi delle medesime avrebbero un continuo moto retrogrado da oriente in occidente. Se uno dei supposti satelliti invece di essere libero fosse attaccato inalterabilmente a qualche punto della circonferenza del terrestre equatore e quivi per esempio costituisse una grande prominenza, esso soffrirebbe nè più nè meno l' azione della forza solare che lo sollecita ad attraversare anticipatamente in ogni rivoluzione il

piano dell' eclittica. Ma essendo alla terra attaccato nè potendosi per conseguenza muovere senza che non si muova ancora la massa terrestre, quella forza che produrrebbe nel satellite libero un moto tale che i nodi di sua orbita retrograderebbero con un rapido moto, dovendosi scompartire equabilmente tra la massa di detto satellite e la terrestre, produrrà nel sistema delle due masse un moto tantó meno veloce quanto la massa di detto sistema è maggiore di quella del solo satellite, essendo legge di Meccanica che a forze eguali corrispondano velocità che stanno inversamente come le masse. Ma questo lento moto avrà però la medesima direzione che avrebbe quello veloce nel caso del satellite libero, e per esso il satellite raggiungerà in ogni rivoluzione alquanto anticipatamente i nodi di sua orbita i quali nel caso presente sono i punti in cui la circonferenza del terrestre equatore interseca il piano dell' eclittica e che abbiamo chiamati *punti equinoziali*. Questi punti adunque avrebbero un lentissimo moto retrogrado e avverrebbe una piccolissima precessione degli equinozj. Se invece di uno fossero mille o un milione i satelliti attaccati stabilmente alla terra lungo o presso la circonferenza del terrestre equatore, sopra ciascuno il sole opererebbe egualmente che sul satellite di cui abbiamo parlato. Da ognuno per conseguenza deriverebbe una certa quantità di moto alla massa terrestre. Tutte queste quantità di moto avrebbero la medesima direzione e tenderebbero a fare continuamente retrogradare i punti equinoziali. I quali per conseguenza retrograderebbero con una velocità eguale alla somma delle quantità di moto per cui retrograderebbero i nodi di tutti i supposti satelliti se fossero liberi, divisa per la somma delle masse dei satelliti medesimi aumentata dalla massa terrestre.

314. I supposti satelliti non esistono, ma ne fa le veci la massa costituente il rialzamento equatoriale della terra. Nè questa massa è piccola: infatti il detto rialzamento ha sotto la linea una grossezza di 20660 metri (105) e decrescendo in grossezza distendesi da una parte e dall' altra sino a grandi latitudini. Il sole operando sopra questa massa come opererebbe sui supposti satelliti attaccati alla linea equatoriale, secondo i fatti ragionamenti deve realmente e costantemente cagionare una retrogradazione nei punti in cui la zona equa-

toriale terrestre taglia il piano dell' eclittica cioè una retrogradazione dei punti equinoziali e quindi una precessione degli equinozj. Se la terra fosse esattamente sferica, un tale fenomeno non potrebbe succedere, poichè essendo in tal caso le attrazioni solari egualmente e similmente distribuite siccome le particelle da una parte e dall' altra del centro terrestre, la loro risultante sarebbe al centro medesimo applicata e quindi non potrebbe destare verun moto intorno al detto centro. Il fenomeno adunque della precessione degli equinozj è strettamente dipendente dalla figura elissoidale della terra, di maniera che se la terra divenisse rotonda, ciò che occorrerebbe almeno in buona parte qualora ne cessasse il moto rotatorio, la precessione degli equinozj si estinguerebbe. Ed ecco come i fenomeni del sistema solare, ancora quelli che sembrano a primo aspetto disparatissimi, vengono tra loro avvicinati e completamente spiegati nel sistema della gravitazione universale.

315. Ancora l' orbita lunare è inclinata all' equatore, e però ancora la luna dovrà esercitare sopra la massa costituente il rialzamento equatoriale un effetto analogo a quello che vi esercita il sole. Per questa forza lunare i punti in cui la detta zona equatoriale taglia il piano dell' orbita lunare dovranno continuatamente retrogradare, e questo moto riferito al piano dell' eclittica equivalerà a una retrogradazione dei punti equinoziali. A cagionare la precessione degli equinozj concorrono adunque il sole e la luna, ed essendo l' attrazione che la luna esercita sulla terra tripla dell' attrazione solare, la precessione degli equinozj dipenderà per una quantità come uno dal sole e per una quantità come tre dalla luna.

316. L' obbliquità dell' eclittica all' equatore non si altera che di piccolissime quantità, e però l' influenza che il sole esercita nel corso di un dato anno sulla massa costituente il rialzamento equatoriale deve essere quasi esattamente eguale a quella che esercita in qualsivoglia altro anno. La quantità adunque di cui i punti equinoziali per l' influenza solare retrogradano in un dato anno deve essere sensibilmente eguale a quella di cui retrogradano in un qualsivoglia altro anno. Ma la detta retrogradazione varia notabilmente da un anno all' altro per quanto dipende dalla influenza della luna, l' ob-

bliquità della di cui orbita all' equatore è soggetta a grandi alterazioni per causa del moto de' suoi nodi (159). Quando per esempio il nodo ascendente della luna coincide col principio del segno dell' ♈, l' obbliquità dell' orbita lunare all' equatore è uguale alla somma dell' inclinazione dell' eclittica all' equatore e di quella della medesima orbita all' eclittica, uguale cioè a 28° e 30' prossimamente. Quando al contrario dopo circa 9 anni e mezzo (160) il nodo ascendente coincide col principio del segno della ♎, l' obbliquità di detta orbita all' equatore sarà semplicemente uguale alla differenza tra le due inclinazioni, dell' eclittica all' equatore e dell' orbita lunare all' eclittica, cioè a circa 18° e 30'. Nel primo caso il piano dell' eclittica distendesi tra il piano dell' equatore e quello dell' orbita lunare, nel secondo è quest' ultimo che distendesi tra gli altri due. Ma il nodo ascendente lunare retrograda continuamente e dal segno dell' ♈ passa in quello dei ♓, poi in quello dell' ♒, ecc., finchè dopo circa 19 anni riducesi nuovamente al segno dell' ♈. Tale moto fa continuamente variare tra i due estremi qui sopra notati ancora l' obbliquità dell' orbita lunare all' equatore; ma al variare di questa obbliquità, atteso la legge della decomposizione delle forze, varia corrispondentemente nella sua intensione ancora la forza con cui la luna cagiona la precessione degli equinozj. Questa forza avrà la massima intensione quando il nodo ascendente lunare sarà nel principio del segno dell' ♈ e la minima quando coinciderà col principio del segno della ♎, e avrà intensioni intermedie mentre il detto nodo sarà nelle intermedie posizioni. Dunque la precessione degli equinozj non può essere uniforme per quanto dipende dall' influenza lunare, ma deve essere soggetta a continue vicissitudini aventi però un corso periodico uguale in durata alla rivoluzione siderale dei nodi lunari (160). L' osservazione conobbe che succedono realmente tutte queste vicissitudini e che succedono esattamente in conformità della teorica. Oltre la media retrogradazione annua di circa 50" dei punti equinoziali ed il corrispondente moto dell' asse terrestre (183 e 184), discernesi nell' asse medesimo una specie di barcollamento pel quale nel tempo di una rivoluzione siderale dei nodi lunari il polo del mondo descrive un piccolo circolo a cui serve di diametro un arco di 18" della

celeste volta, e corrispondentemente a questo moto dell' asse cambia ora in più e ora in meno la inclinazione dell' equatore all' eclittica. Quando il nodo ascendente lunare è nel segno dell' ♈, la obbliquità dell' eclittica all' equatore è 9" maggiore di quello dovrebbe essere, e quando è nel segno della ♎ è di altrettanto minore. In ciò consiste il fenomeno chiamato *nutazione dell' asse terrestre*. La precessione degli equinozj dipende dall' azione riunita del sole e della luna sulla materia costituente il rialzamento della terra nei dintorni della linea equatoriale, la nutazione è cagionata dalla sola azione lunare sulla medesima materia. Questi due fenomeni possono adunque somministrare i necessarj dati per determinare la ragione che ritrovasi tra la forza che il sole esercita sulla terra e quella che vi esercita la luna. Questa ragione è quella che abbiamo annunziata nel numero precedente. La medesima si può dedurre ancora dai fenomeni delle maree dei quali tratta il seguente paragrafo.

Delle Maree.

317. Il fenomeno che quotidianamente si osserva del *flusso* e *riflusso* del mare dipende dalla stessa gravitazione universale da cui dipendono i precedenti fenomeni, e al pari di questi giova a dimostrarne la realtà e la maniera di operare.

Invece di principiare questo articolo destinato a spiegare l' annunziato fenomeno col darne una particolarizzata descrizione, credo più spediente mettermi a dirittura ad indagare teoricamente quali effetti la luna ed il sole colle loro attrazioni debbano produrre sulle acque del mare, poichè di poi per tutta descrizione e spiegazione del fenomeno basterà soggiungere che esso in altro non consiste che negli effetti medesimi. Per agevolare questa indagine immaginiamo per poco che il globo terrestre sia tutto circondato di un grosso strato di acqua, e consideriamo quali influenze potrà sopra le varie parti del medesimo la luna esercitare mentre passa per un certo meridiano.

318. Quell' acqua che ha la luna allo zenit o presso allo zenit sarà dalla medesima maggiormente attratta che non il centro terrestre di cui la distanza dalla luna eccede di un intiero raggio terrestre quella della suddetta acqua. Que-

sto eccesso di attrazione produrrà una diminuzione nella gravità o nel peso specifico dell' acqua stessa, in quella medesima guisa che il sole nel tempo del novilunio fa scemare la forza con cui la luna gravita contro la terra (293). Si romperà quindi l' equilibrio tra le liquide colonne in cui avvenne una tale diminuzione di peso e le colonne astanti nelle quali ne avvenne o nessuna o una minore (V. Mecc. n. 457), nè potrà ristabilirvisi se l' altezza di quelle non diviene tanto più grande dell' altezza di queste, di quanto il peso specifico delle prime si fece minore del peso specifico delle seconde; cosa che non può effettuarsi se non in quanto una parte del liquido da queste ultime colonne si getti sopra le prime, se non in quanto cioè si formi nella parte a cui sovrasta la luna un cumulo di acque, un *flusso*, un' *alta marea*, e nelle parti ambienti una diminuzione o depressione di acque, un *riflusso*, *una bassa marea.* Ma la luna nell' apparente suo moto sovrasta successivamente nel corso di un giorno e 50 minuti a tutti i susseguenti punti di un circolo paralello della terrestre sfera situato nel piano medesimo in cui è tracciato quello che essa apparentemente in detto tempo descrive nella sfera celeste. Il flusso dovrà dunque passare dal luogo a cui ora sovrasta la luna nel susseguente luogo a cui subito sovrasterà, e seguendo sempre la direzione dell' apparente moto lunare da oriente in occidente il suo punto di mezzo descriverà sopra la faccia terrestre la circonferenza del suddetto circolo nel tempo stesso in cui la luna descrive il suo nella celeste volta.

319. Un altro eguale cumulo di acque si produrrà pure nella parte del globo diametralmente opposta a quella a cui sovrasta la luna. La cagione di questo secondo flusso è analoga a quella che nel tempo del plenilunio diminuisce la forza centripeta della luna e ne produce un allontanamento eguale a quello che succede nel tempo del novilunio (294). La luna attrae con più forza il centro terrestre che non le acque situate nella parte del globo diametralmente opposta, e ciò per la loro maggiore distanza. Questo eccesso di attrazione equivale ad una forza diretta a discostare quelle acque dal centro terrestre. Infatti dovendosi per la maggiore attrazione accostare in ogni istante più il centro stesso che non quelle acque alla luna, desse, se la gravità non ostasse, si

scosterebbero realmente in ogni istante dal centro di una quantità eguale al detto eccesso, come se animate fossero da una forza eguale all' eccesso medesimo ed opposta alla gravità. Per conseguenza la gravità di queste acque verrà diminuita di una quantità eguale al suddetto eccesso. Ma tale diminuzione trae seco la rottura dell' equilibrio nello strato liquido che circonda la terra, nè può ristabilirvisi, se dai luoghi in cui non avvenne questa diminuzione non accorre nel luogo in cui avvenne una massa tale di acqua e vi si accumuli in modo che dalla accresciuta quantità rimanga ricompensata la diminuzione di peso. Ancora questo flusso opposto alla luna dovrà al pari del flusso superiore muoversi da oriente in occidente e impiegare 24 ore e circa 50' a compiere una sua rivoluzione. Avrà parimente una grandezza quasi eguale a quella del flusso superiore; poichè, atteso la notabile distanza lunare, di quanto l' attrazione che la luna esercita sopra le acque a lei rivolte supera la forza con cui attrae il centro terrestre, quasi di altrettanto questa seconda forza supera quella con cui attrae le acque situate nella parte a sè diametralmente opposta.

320. I due opposti cumuli di acqua avranno i loro vertici alle opposte estremità del diametro terrestre diretto verso il centro lunare, e partendo da questi punti scemeranno in altezza in ragione che aumenterà la distanza dei vertici medesimi, perchè col crescere di questa, cala la differenza, in cui sta tutta la causa del fenomeno, tra l' attrazione che la luna esercita sopra le acque e quella che esercita sopra il centro terrestre. Ma questa differenza non diviene eguale a zero se non quando è molto grande la detta distanza, e però gli opposti innalzamenti di acqua dovranno avere una grandissima estensione tutto all' intorno dei loro vertici; nè potrà incominciare il riflusso se non dove la differenza suddetta è sensibilmente eguale a zero. Ma a produrre il riflusso nella stessa zona terrestre che ha la luna presso all' orizzonte ancora un' altra cagione concorre.

321. L' influenza lunare sulle acque situate in una distanza di circa 90 gradi dai vertici dei descritti flussi, invece di diminuirne la gravità specifica, la accresce, in quella maniera stessa che il sole aumenta la forza centripeta lunare nel tempo delle quadrature. L' attrazione lunare esercitandosi

obbliquamente sopra queste acque a due forze equivale, una paralella e l' altra perpendicolare alla forza con cui la luna attrae il centro terrestre. La componente paralella non può produrre squilibrio veruno in quelle acque, non tendendo essa che a portarle verso la luna in direzione paralella a quella secondo cui tende a portarsi verso la luna ancora il centro terrestre. Ma la componente perpendicolare, essendo diretta verso il centro terrestre, si comporrà colla gravità, e però quelle acque graviteranno verso il centro medesimo con una forza eguale alla somma di queste due forze. Ma ciò cagionerà la rottura dell' equilibrio nella liquida massa, la quale non potrà di nuovo riacquistarlo se le colonne che nel peso specifico guadagnarono non acquistano un' altezza che sia tanto minore di quella delle colonne che non sentirono tale influenza, di quanto il peso specifico di queste è minore del peso specifico di quelle. L' acqua adunque da queste ultime colonne dovrà passare sopra le colonne astanti, le quali s' innalzeranno all' abbassarsi delle prime. Nella zona terrestre adunque situata a 90° dai vertici dei flussi deve prodursi un abbassamento o riflusso nell' acqueo strato che supponiamo circondare la terra. L' acqua da questa zona ritirandosi anderà a formare i due flussi; e poichè le leggi dell' equilibrio richiedono che tutte le liquide colonne siano egualmente pesanti, i due flussi dovranno avere un' altezza non solo proporzionale all' influenza che la luna esercita sulle acque nei luoghi in cui si ergono i flussi medesimi, ma proporzionale eziandio alla contraria influenza che esercita sulle acque della suddetta zona; parimente la bassezza del riflusso non solo dovrà essere come l' aumento avvenuto nel peso di queste ultime acque, ma eziandio come la diminuzione avvenuta nel peso delle prime. Così ciascuna delle esposte influenze lunari cospira a rendere maggiori tanto le alte quanto le basse maree.

322. Ancora il riflusso dovrà seguire la luna nel di lei moto apparente da oriente in occidente e compiere una sua rivoluzione intorno al globo in 24 ore e 50'.

323. Segue da quanto abbiamo detto che mentre la luna passa allo zenit di un luogo ivi innalzasi il vertice di un' alta marea, che succede lo stesso nella parte del globo diametralmente opposta, e che in tutta la zona terrestre che

ha la luna all' orizzonte o presso all' orizzonte avviene una bassa marea. Segue pure che nel luogo a cui ora sovrasta la luna verticalmente da qui a sei ore e circa 12 minuti vi giungerà una bassa marea, dopo un egual tempo vi succederà un' alta marea, dopo un altro tempo eguale un' altra bassa marea e finalmente una nuova alta marea al nuovo culminare della luna; e in generale che in un qualsivoglia luogo, che non abbia una elevatissima latitudine, ad ogni 24 ore e circa 50' si devono succedere ad eguali intervalli di tempo ed alternativamente due volte il flusso e due volte il riflusso.

324. Siccome l' attrazione lunare varia frequentemente nella intensione per causa del frequente variare della lunare distanza, così ancora questi fenomeni che ne dipendono avranno frequenti vicissitudini nella loro grandezza, la quale crescerà al calare della distanza lunare e diminuirà al crescere di questa. Per un dato luogo l' altezza del flusso dovrà pure notabilmente variare per causa della differente obbliquità dell' orbita lunare all' equatore. Infatti dovendo i vertici dei flussi ergersi alle opposte estremità del terrestre diametro diretto verso la luna, la distanza tra un dato luogo e i vertici dei flussi dovrà variare egualmente che varia la distanza della luna dallo zenit del luogo medesimo. Ma se varia la distanza tra il detto luogo e i vertici dei flussi, varierà proporzionatamente in esso luogo ancora l' altezza dei flussi, dovendo questa scemare a proporzione che cresce la distanza dai vertici medesimi.

325. Ancora il sole deve produrre effetti simili a quelli che produce la luna nello strato liquido che supponiamo avvolgere tutto il globo terrestre. Infatti esso pure attraendo maggiormente le acque a cui verticalmente sovrasta che non il centro terrestre e più questo che non le acque sparse sulla faccia del globo a lui opposta, cagionerà una diminuzione nella gravità delle acque medesime e conseguentemente due flussi aventi i loro vertici alle opposte estremità del terrestre diametro diretto verso il centro solare. Nè potranno in questi luoghi le acque sollevarsi se contemporaneamente non succede il riflusso nelle acque distanti circa 90° dai vertici suddetti, nelle quali verrà pure dall' azione solare alquanto aumentata la specifica gravità.

326. Ancora le maree dipendenti dall' attirazione solare avranno il loro moto diurno eguale per direzione e durata all' apparente moto diurno del sole. La loro grandezza parimente varierà al variare della distanza solare e sarà massima alla fine di dicembre e minima alla fine di giugno. E considerandola in un dato luogo dovrà pure assai variare per causa della differente declinazione del sole. Le maree dipendenti dal sole sono molto più piccole di quelle causate dalla luna. Quantunque questa sia sommamente piccola in confronto del sole, nonostante, atteso la sua piccola distanza, esercita, siccome le osservazioni insegnarono, sul globo terrestre una forza attrattiva tripla di quella che vi esercita il sole.

327. Seguirebbe da quanto abbiamo detto che dovessero in un dato luogo avvicendarsi in ogni 24 ore quattro *maree* cagionate dal sole, due *alte* e due *basse*, e in ogni 24 ore e circa 50' quattro maree cagionate dalla luna, due *alte* e due *basse*. Ma le forze dei due astri devono insieme comporsi in maniera da produrre unitamente in un dato luogo in ogni 24 ore e circa tre quarti due soli flussi e due soli riflussi, proporzionali poi così i primi come i secondi alla risultante delle forze componenti. Ma per intendere più facilmente come ciò debba succedere, osserviamo che secondo quanto abbiamo esposto dall' azione di ognuno dei due astri derivano in ogni istante sulle acque sparse sopra il globo terrestre delle forze *sollevatrici* o opposte alla gravità e delle forze *deprimenti* o cospiranti colla gravità. Delle forze sollevatrici una grande moltitudine è applicata alle acque rivolte verso l' astro attraente, ed un' altra eguale moltitudine è applicata alle acque situate nella parte diametralmente opposta del globo. Ora possiamo concepire che ciascuna di queste due moltitudini di forze componga la propria risultante, e quindi riguardare le due moltitudini stesse come due sole forze eguali alle rispettive risultanti ed applicate una a ciascuna estremità del terrestre diametro diretto verso il centro dell' astro. Le forze deprimenti sono applicate a tutte le acque della zona distante circa 90° dalle estremità del detto diametro. Ma se facciamo astrazione da tutte quelle che sono applicate alle porzioni di questa zona collocate in un' alta latitudine, astrazione che possiamo fare essendo in tali luoghi i mari

sempre agghiacciati, allora non rimanendoci che due numerosissime schiere di forze dirette tutte verso il centro terrestre una in oriente e l' altra in occidente potremo concepire che ciascuna schiera abbia la sua risultante finale, e quindi riguardare queste due schiere di forze come due forze sole, e poichè l' equatore dividerà sensibilmente per metà le suddette schiere, reputare le loro risultanti applicate una a ciascuna estremità del diametro equatoriale perpendicolare al diametro diretto verso il centro dell' astro. Ecco dunque come possiamo credere che in un qualsivoglia istante per l' azione di ognuno dei due astri operino sopra le acque quattro forze, due sollevatrici applicate alle opposte estremità del diametro terrestre diretto verso l' astro e due deprimenti applicate alle opposte estremità del diametro equatoriale perpendicolare al diametro precedente. Ora ci sarà facile il dedurre come le forze lunari debbano comporsi colle solari data che sia la posizione del sole relativamente alla luna.

328. All' epoca di ognuna delle due sizigie ciascuna delle due forze sollevatrici dipendenti dalla luna coincide o quasi coincide con una delle due forze sollevatrici dipendenti dal sole, e similmente ciascuna delle forze deprimenti lunari coincide con una forza deprimente solare. In tale epoca adunque vi saranno due risultanti sollevatrici, eguali o quasi eguali ciascuna alla somma delle due rispettive componenti e applicate una a ciascuna estremità del diametro terrestre diretto come le risultanti medesime; vi saranno parimente due risultanti deprimenti, eguali ciascuna alla somma delle due rispettive componenti e applicate una a ciascuna estremità del diametro equatoriale perpendicolare al diametro alle di cui estremità sono applicate le risultanti sollevatrici. Al tempo delle due quadrature le forze sollevatrici lunari coincidono o quasi coincidono con le deprimenti solari, e le deprimenti lunari con le sollevatrici solari, e però, essendo le sollevatrici opposte alle deprimenti, alle estremità dei due diametri tra loro perpendicolari saranno rispettivamente applicate delle risultanti uguali ciascuna al solo eccesso della forza componente lunare sopra la solare. Dal novilunio alla prima quadratura le forze sollevatrici solari incontrano sotto un angolo che va ogni giorno aumentando le forze sollevatrici lunari, come pure le forze deprimenti solari incontrano

sotto un angolo che si fa successivamente maggiore le forze deprimenti lunari. Dunque la risultante delle forze sollevatrici come pure quella delle forze deprimenti anderanno continuamente diminuendo per tutto il detto periodo. Dal primo quarto al plenilunio gli angoli sotto cui s' incontrano le forze dello stesso nome dei due astri vanno gradatamente scemando, e però in tutto questo secondo periodo le rispettive risultanti gradatamente aumenteranno. Dal plenilunio all' ultimo quarto gli angoli sotto cui concorrono le forze dello stesso nome aumentano gradatamente e quindi gradatamente ne scemano le risultanti rispettive. Dall' ultimo quarto finalmente al novilunio gli angoli delle forze diminuiscono un' altra volta gradatamente, e quindi ne crescono gradatamente le risultanti.

329. Poichè le maree devono essere proporzionali alle dette risultanti, segue che, prescindendo ora dalle variazioni che nelle forze dei due astri possono apportare le loro differenti distanze dalla terra, le più grandi *maree*, così le *alte* come le *basse*, devono succedere all' epoca delle sizigie e le più piccole a quella delle quadrature, che dalle sizigie alle quadrature le maree devono diminuire gradatamente e che al contrario devono gradatamente aumentare dalle quadrature alle sizigie.

330. Essendo la grandezza delle maree al tempo delle sizigie sensibilmente come la somma delle azioni lunare e solare, e al tempo delle quadrature sensibilmente come la differenza delle azioni stesse, si potrà dedurre dalla osservazione di dette maree la ragione che trovasi tra le attrazioni che la luna ed il sole esercitano sulla terra. Queste osservazioni infatti ed i risultamenti dei calcoli fondati sopra i fenomeni di cui parlammo nel precedente paragrafo insegnarono che l' attrazione che la luna esercita sulla terra è tripla di quella vi esercita il sole. Essendo poi l' attrazione direttamente come la massa e inversamente come il quadrato della distanza, dai medesimi dati si dedusse pure non essere la massa lunare se non 0,0146 della terrestre massa presa come unità. Conoscendosi così la massa lunare e noto già essendone il volume (152), se ne calcolò pure la densità e l' intensione della gravità alla sua superficie, e la prima si trovò eguale a 0,71757, presa essendo la terrestre densità come unità e la seconda si trovò eguale a piedi 5,9166 per ogni minuto secondo. Vedi i quadri dei numeri 290 e 291.

331. La risultante di due forze concorrenti sotto un qualsivoglia angolo è non solo intensa ma ancora diretta come la diagonale del paralellogrammo delle forze medesime. Segue da ciò che i punti del cielo verso cui sono dirette le risultanti delle forze sollevatrici e quelle delle forze deprimenti devono avere per tutto il tempo compreso tra una sizigie e la susseguente quadratura una distanza orientale dal sole più piccola di quella della luna, e che ne devono avere una più grande per tutto il tempo compreso tra una quadratura e la successiva sizigie. Dunque le maree devono avvenire più presto nel primo intervallo e nel secondo più tardi di quello avverrebbero se unicamente dalla luna dipendessero.

332. Le risultanti di cui parliamo e le maree che ne sono gli effetti devono ancora variare per causa delle differenti distanze del sole e della luna. Così all' epoca delle sizigie se ambidue gli astri si troveranno alla minima loro distanza dalla terra, succederanno le massime maree che si possano attendere, e al contrario le maree saranno minime quando all' epoca delle quadrature la luna sarà alla massima ed il sole alla minima distanza dalla terra.

333. Non si può formare un flusso in un luogo se non vi affluiscono le acque dai luoghi astanti, nè può formarsi un riflusso se le acque non se ne ritirano gettandosi sopra i luoghi astanti, cioè non può darsi un flusso senza un corrispondente riflusso. Dunque acciò avvenga un' alta o una bassa marea deve destarsi un grande moto nelle acque e una grande massa delle medesime deve percorrere vastissimi spazj. Sarà per conseguenza necessario un certo tempo per destarsi ed eseguirsi un tanto moto, e però in un dato luogo non si ergeranno i flussi nè si abbasseranno i riflussi ai momenti precisati quì sopra, ma bensì scorso il tempo necessario alle acque per concorrere dalle ambienti plaghe e accumularsi nel suddetto luogo o pure per ritirarsi da questo e aggregarsi nei luoghi ove è venuta meno la gravità. Questo tempo poi verrà prolungato dall' attrito che le acque soffriranno contro il letto dei mari e molto più dalle ineguaglianze del letto medesimo.

334. Secondo la teorica della gravitazione universale, se tutta la faccia terrestre fosse coperta da un grosso strato di acqua, il fenomeno delle maree dovrebbe succedere confor-

mente a quanto abbiamo finora esposto. Ma la superficie del globo terrestre non è che in gran parte coperta di acqua, e ognuno sa come i varj continenti, le moltissime isole, gli stretti, i banchi e le baje interrompano la continuazione delle acque. Nonostante la vastità dell' oceano è così grande che il fenomeno delle maree vi deve succedere quasi egualmente che succederebbe se sulla faccia terrestre non vi fosse che acqua. Dovranno però derivare dalle notate interruzioni due grandi varietà nelle maree che si osservano nei differenti lidi, una nell' ora e l' altra nella grandezza. In mezzo all' oceano le maree avverranno presso a poco nelle ore medesime nelle quali avverrebbero ancora nel caso che tutto il globo terrestre fosse circondato da uno strato liquido e vi avranno una eguale grandezza. Ma nei mari che costeggiano i grandi continenti, nei mari mediterranei, nei golfi e molto più in quelli che non comunicano con l' oceano che per ristretti e lunghi canali le maree non potranno avvenire nelle ore in cui avvengono nell' oceano, ma vi dovranno ritardare un certo numero di ore dipendente dalla lunghezza e irregolarità della spiaggia, dalla strettezza, lunghezza e sinuosità dei canali di comunicazione, dalle baje o secche che rallentano il cammino dei flutti, dalle diverse riflessioni e dai varj deviamenti che le spiagge, i promontorj e le isole cagionano alle acque; la grandezza parimente delle maree vi dovrà essere diversificata dalle medesime cagioni che ne diversificano l' ora e specialmente dalla diversa configurazione dei golfi e dei seni, dalla diversa profondità che ivi hanno le acque, dalla varia estensione dei mari che con loro comunicano e dalle diverse ripercussioni delle acque da una in altra costa le quali possono moltiplicarsi dalle varie e vaghe direzioni delle coste stesse ed essere capaci di accumulare in alcuni luoghi le acque sino ad un' altezza molte volte maggiore di quella che hanno le più alte maree nel mezzo dell' oceano ove le acque liberamente si muovono.

335. Nei laghi e nei piccoli mari che non comunicano con l' oceano non si potranno formare nè flussi nè riflussi. Infatti l' azione che in un dato istante il sole e la luna eserciteranno sopra l' acqua contenuta in quei ristretti bacini sarà quasi egualmente intensa in qualsivoglia punto dei bacini medesimi. Non verrà dunque rotto sensibilmente l' equilibrio

in veruna parte di quest' acqua, e però non vi sarà ragione sufficiente per cui debbasi accumulare in una sponda e abbassare nell' altra.

336. Ora che ho succintamente esposto come secondo la newtoniana gravitazione deve succedere quotidianamente il fenomeno delle maree e che ho accennato sommariamente quelle differenze che vi devono apportare le diverse località; per tutta sua descrizione e spiegazione non altro soggiungerò se non che il fenomeno avviene continuamente e precisamente tale quale deve succedere secondo la teorica newtoniana, e che prescindendo dalle perturbazioni che nel fenomeno possono cagionare i venti e le tempeste, tutte le altre diversità si osservano realmente ed unicamente ingenerarsi dalle suddette differenti località. I fenomeni adunque delle maree sono connessi con quelli del cielo, e siccome al pari di questi hanno nella universale gravitazione una completa spiegazione, così parimente servono di una quotidiana dimostrazione della realtà e inalterabile maniera di operare di questa primaria forza a cui la Suprema Saggezza assoggettò la materia.

Della Librazione lunare.

337. La luna rivolge sempre alla terra la stessa faccia (163), ma non però in maniera che sia sempre il medesimo il punto di sua superficie pel quale passa il raggio vettore che congiunge il centro terrestre col lunare e che la circonferenza del disco lunare sia sempre tracciata dalle medesime macchie. Il punto per cui ora passa il raggio vettore e che sarebbe il centro del disco lunare per chi l' osservasse dal centro terrestre da qui a poco si sarà alquanto discostato, forse anche di alcuni gradi, o da un lato o dall' altro dal raggio medesimo, le macchie per cui ora passa la circonferenza del disco stesso da qui a poco o faranno parte dell' emisfero invisibile o pure alquanto si saranno appressate al mezzo dell' emisfero visibile, e altre macchie preso avranno il posto delle prime. Questo fenomeno non è quale essere dovrebbe se le macchie lunari avessero dei moti speciali, poichè veruna macchia non cambia mai nè pure menomamente di posizione relativamente a tutte le altre e tutte si mostrano come immobilmente aderenti alla superficie lu-

nare; è bensì quale essere dovrebbe se la luna soffrisse dei tentennamenti intorno al proprio centro, ed è per questo che venne chiamato *Librazione*. Si distinsero differenti specie di librazioni. Esse però non dipendono di reali tentennamenti, ma da sole apparenze.

338. Se la luna mancasse di moto rotatorio e rivolgesse costantemente lo stesso emisfero ad uno stesso punto infinitamente distante della sfera celeste, nel tempo di una sua siderale rivoluzione ne dovremmo vedere tutta la superficie come se in questo tempo compisse una rotazione intorno ad un asse perpendicolare al raggio vettore che congiunge il centro terrestre col lunare. Ci persuaderemo facilmente di ciò osservando la figura 12 e supponendo che l' emisfero rivolto costantemente al detto punto sia per esempio l' emisfero *mxn* non ombreggiato. Questo se per la terra è invisibile nel novilunio, subito dopo diviene gradatamente visibile, finchè nel plenilunio lo è intieramente, per indi divenire un' altra volta gradatamente invisibile, in quella medesima maniera che diverrebbe se la luna mancando di moto di rivoluzione lungo la sua orbita avesse invece un moto rotatorio intorno ad un asse perpendicolare al suo raggio vettore. Ma la reale rotazione la quale compiesi esattamente nel tempo d' una siderale rivoluzione va continuamente contrariando alla descritta apparente rotazione, e riconduce continuamente verso noi la medesima faccia del globo lunare. È questo il motivo per cui noi non ne vediamo mai la faccia opposta.

339. Fra tutte le ipotesi che si possono fare intorno al moto rotatorio lunare la più semplice e naturale è che questo moto sia uniforme. La teorica poi dei moti celesti ha dimostrato che un tal moto è veramente e rigorosamente uniforme e che non partecipa punto a veruna delle tante perturbazioni alle quali è soggetto il moto progressivo della luna lungo la sua orbita. Nella uniformità del primo di questi moti e nella continua e grande varietà dell' altro ritrovasi la cagione della più grande librazione lunare. Essendo quest' ultimo moto ora più rapido ora più lento, ancora la rotazione apparente che ne dipende sarà ora più rapida ora più lenta, e però non potrà in ogni tempo contrabbilanciare esattamente la rotazione reale che è sempre uniforme. Queste due rotazioni adunque si sorpasseranno a vicenda ora l' una ora altra, e

quindi la circonferenza del circolo finitore che ha per asse il raggio vettore non potrà passare costantemente pei medesimi punti della superficie lunare, ma dovrà oscillare entro certi confini dipendenti dalla notata differenza tra le due rotazioni, ora occultandoci ora palesandoci certe porzioni orientali o occidentali del globo lunare, in quella maniera che farebbe se realmente il globo lunare avesse un certo moto oscillatorio dal lato orientale e dal lato occidentale del suo raggio vettore. Questa apparenza porta il nome di *Librazione in longitudine*.

340. Le macchie lunari non conservano sempre la stessa posizione nè pure relativamente al piano dell' orbita lunare, ma ora ne sono più presso, ora più lontano e alcune persino passano da un lato all' altro del piano medesimo. Questi cambiamenti siccome dimostrano che l' asse di rotazione della luna non è esattamente perpendicolare al piano dell' orbita della stessa, così restano pienamente spiegati ammettendo tale obbliquità. Secondo che il detto asse ci presenterà la sua più grande o la sua più piccola obbliquità, dovrà scoprirci o l' uno o l' altro dei poli lunari, in quella guisa medesima che il globo terrestre per causa dell' obbliquità dell' asse terrestre all' eclittica presenta al sole ora maggiormente l' emisfero boreale ora l' australe. In certi tempi adunque faranno parte dell' emisfero visibile alcune parti circonpolari che poco dopo rientreranno nell' emisfero invisibile. Questa apparenza porta il nome di *Librazione in latitudine*: essa è poco considerevole, e ciò indica che il piano dell' equatore lunare fa un piccolissimo angolo col piano dell' orbita lunare.

341. Una terza cagione di un apparente barcollamento lunare ritrovasi nella posizione dell' osservatore. Prescindendo dalle due librazioni precedenti, una retta visuale condotta dal centro terrestre al centro lunare deve passare costantemente per lo stesso punto della superficie della luna e conseguentemente il disco lunare per chi l' osservasse dal centro terrestre sarebbe sempre terminato dal medesimo contorno. Ma non potrebbe succedere la medesima cosa della retta visuale condotta da un punto qualsivoglia della terrestre superficie al centro lunare. Eccetto il caso della luna allo zenit, queste due visuali, atteso la vicinanza della luna, concor-

rono nel centro lunare sotto un angolo sensibile e che quando la luna è all' orizzonte ne eguaglia la parallasse orizzontale (148). Però i circoli finitori che hanno per asse queste visuali invece di coincidere, saranno inclinati l' uno all' altro di un angolo eguale a quello formato dalle stesse visuali, e quindi dovremo vedere differentemente contorniato il disco della luna secondo che l' abbiamo allo zenit, o all' orizzonte in oriente o in occidente, o differentemente distante da questi punti. Nella parte superiore della luna nascente si scoprirà un piccolo segmento che non vedremmo dal centro terrestre. A proporzione che la luna si eleva il suddetto segmento diminuirà e finalmente sparirà, e intanto nella parte inferiore della stessa si anderà scoprendo un altro segmento che prima non si vedeva e che aumenterà in ragione che il primo verrà meno e che, sparito questo, continuerà a crescere fino al punto che la luna tramonta. In quest' epoca vediamo a basso la parte che vedevamo in alto nella luna nascente, ed è per conseguenza il disco della luna tramontante che differisce maggiormente da quello della luna nascente. È tale la cagione che fa sembrare che la luna nel suo apparente moto giornaliero oscilli intorno al suo raggio vettore. Questa apparenza chiamasi *Librazione diurna*. Si distinguono ancora altre *librazioni* dipendenti dalle differenti distanze della luna dal piano del terrestre equatore e dal principio del segno dell' ariete; le quali si spiegano come la precedente.

Le date spiegazioni soddisfanno con tanta semplicità e precisione ai fenomeni che si osservano che non si potrebbe spargere dubbio veruno sulle medesime. Dobbiamo quindi riguardare le osservate librazioni quali semplici apparenze. Domenico Cassini diede pel primo una completa teorica del fenomeno della Librazione lunare.

Delle terrestri Latitudini.

342. La *latitudine* di un punto della terrestre superficie è la sua distanza dalla linea equatoriale (102). Dunque i paesi situati sotto l' equatore non hanno veruna latitudine. Dicesi poi *boreale* la latitudine dei luoghi posti nel boreale emisfero e *australe* quella dei luoghi posti nell' emisfero australe.

Può parimente dirsi che *la latitudine di un punto della terrestre superficie è l' angolo sotto cui il piano dell' equatore viene incontratto dalla direzione della linea verticale che ergesi pel detto punto.* Questo angolo giacendo nel piano del meridiano che passa pel punto stesso e avendo il vertice nel centro di questo circolo sarà misurato dal corrispondente arco del circolo medesimo, cioè dall' arco compreso tra il celeste equatore e lo zenit del punto suddetto. Da ciò ricavasi che per conoscere la latitudine di un dato punto basta misurare col mezzo dei quadranti astronomici a quanta distanza ritrovasi dallo zenit una qualsivoglia stella del celeste equatore nel tempo di sua culminazione.

343. L' arco che misura la latitudine di un dato punto è uguale a quello che misura *l' altezza del polo* sopra l' orizzonte di esso punto, che misura cioè l' angolo formato dall' asse del mondo colla retta che congiunge i due punti cardinali *nord* e *sud* (47): ciò dimostrasi facilmente. Dal punto nord allo zenit distendesi un quadrante del celeste meridiano, e se ne distende parimente uno tra il polo artico e l' equatore. Il primo quadrante è diviso dal polo in due parti, nell' arco che misura l' altezza del polo e in quello che misura la distanza del polo dallo zenit. L' altro quadrante è pur diviso in due dallo zenit, nell' arco che misura la distanza del polo dallo zenit e in quello che misura la distanza dello zenit dall' equatore o la latitudine del dato punto. Levando da ciascuno dei due quadranti la quantità comune, cioè l' arco interposto tra il polo e lo zenit, si hanno residui eguali. Dunque la latitudine boreale di un dato punto dell' emisfero boreale è uguale all' altezza del polo pel punto stesso. Nella medesima maniera mostrasi che la latitudine australe di un dato punto dell' australe emisfero è uguale all' altezza del polo antartico pel punto stesso. Da qui discende un' altra maniera forse più usata dagli Astronomi di misurare la latitudine del sito in cui si ritrovano: invece dell' arco compreso tra lo zenit e l' equatore misurano l' altezza del polo. Se la stella polare segnasse esattamente il polo, col misurare l' elevazione di quella sopra l' orizzonte si otterrebbe ancora l' altezza del polo. Ma non lo segna se non prossimamente e ancor essa nell'apparente moto del cielo descrive ogni giorno un piccolo circolo, per il che ora è più ed ora meno

elevata del polo. L' astronomo adunque scelta arbitrariamente qualche altra stella la quale compia l' apparente sua diurna rivoluzione al di sopra dell' orizzonte, ne misura le elevazioni *massima* e *minima* in cui ritrovasi ne' suoi due quotidiani passaggi pel meridiano (40) e ne deduce la elevazione *media*. Questa è evidentemente eguale all' altezza del polo e quindi alla latitudine cercata.

344. Invece di esprimere la latitudine in gradi, se la può esprimere in miglia italiane (109), sessanta delle quali equivalgono ad un grado medio del terrestre meridiano.

Delle terrestri Longitudini.

345. A determinare la posizione di un punto della terrestre faccia non ne basta la latitudine: infatti tutti i punti di uno stesso *parallello* hanno la medesima latitudine: ma ne abbisogna ancora *la longitudine* che ne è la distanza da un determinato meridiano. Tra questo meridiano che suol chiamarsi *primo* e il suddetto punto s' intercetta un arco del *paralello* che passa pel punto medesimo. La grandezza di quest' arco espressa in gradi, minuti e secondi serve ad esprimere la longitudine di esso punto. A quest' arco è uguale pel numero dei gradi, minuti e secondi quello che il primo meridiano e il meridiano che passa pel punto stesso intercettano sopra l' equatore o sopra qualsivoglia altro paralello. La longitudine potrà esprimersi ancora in *miglia di longitudine* (115, 117).

346. Le longitudini si computano sempre partendo dal primo meridiano e diconsi *orientali* o *occidentali* secondo che si computano andando da occidente in oriente o da oriente in occidente. La longitudine orientale di un punto, più la longitudine occidentale del medesimo valgono 360°. Una dunque di queste longitudini è sempre eguale a 360° meno l' altra.

347. Il primo meridiano scegliesi arbitrariamente dal geografo, ed è spesse volte quello che passa per la specola astronomica della Capitale della propria nazione: ma scelto una volta, più non lo varia e a lui riferisce le longitudini di tutti gli altri meridiani. In moltissime carte geografiche si prese per primo meridiano quello che passa appena al di là dell' Isola del Ferro in una longitudine occidentale precisa di 20° da quello della specola di Parigi.

348. Quando di un punto sono date la longitudine orientale o occidentale e la latitudine boreale o australe, la sua posizione sul globo terrestre è precisata esattamente, non essendovi che questo unico punto a cui spettino simultaneamente quella longitudine e quella latitudine. Quando poi si conoscono le posizioni di più punti sulla faccia terrestre, non è cosa malagevole il calcolarne la distanza. Se si ritrovano sullo stesso meridiano, la mutua loro distanza è uguale alla differenza di latitudine, quantità che può indicarsi in miglia italiane (109). Se sono sul medesimo paralello, la loro distanza è uguale alla differenza di loro longitudine, quantità che può esprimersi in miglia di longitudine (117). Se poi hanno differenti longitudini e differenti latitudini, la loro distanza è uguale all' ipotenusa di un triangolo rettangolo avente un cateto eguale alla differenza di longitudine e l' altro cateto eguale alla differenza di latitudine.

349. La cognizione della precisa posizione delle principali città, dei porti di mare, delle baje, delle isole, dei banchi e delle secche è di una massima importanza per il commercio e per la navigazione. Nè manco importa che il pilota isolato in mezzo all' oceano sappia ad ogni ora rilevare la posizione del proprio naviglio relativamente ai nominati luoghi. Ma tali cognizioni sono strettamente ed esclusivamente dipendenti dalle misure delle rispettive latitudini e longitudini. Abbiamo indicato come l' astronomo possa misurare la latitudine del luogo in cui ritrovasi: indichiamo ancora come possa misurarne la longitudine.

In un dato istante qualunque sono diverse per tutti i paesi aventi una differente longitudine le ore scorse della medesima giornata. Mentre per esempio noi abbiamo il punto di mezzodì, i popoli situati 15 gradi più verso oriente hanno un' ora pomeridiana, e in generale ogni aumento di un grado nella longitudine orientale aumenta di 4 minuti il tempo scorso della giornata, e ogni aumento di 15 gradi lo accresce di un' ora. Succede l' opposto nei paesi situati più verso occidente: in essi il mezzodì avviene tante ore più tardi del nostro, quante volte il 15 sta nel numero dei gradi della loro longitudine occidentale computata relativamente al meridiano che passa pel paese nostro. (256). Da ciò segue che per conoscere la longitudine di un luogo relativamente al meri-

diano che passa per un altro basta sapere le ore diverse che nel medesimo istante vi si hanno, che la longitudine d' uno di questi due luoghi relativamente all' altro è uguale a tante volte 15 gradi quante si trovano unità nella differenza delle suddette ore, e che la detta longitudine è orientale o occidentale secondo che nel primo luogo è maggiore o minore che nell' altro il numero delle ore medesime.

350. Le così dette *mostre marine*, orologi perfettissimi che non errano che di pochissimi secondi in alcuni mesi, offrono un mezzo facile per la determinazione delle longitudini. Al partire dal porto il pilota faccia che la sua mostra segni l' ora precisa del giorno: ecco che per alcuni mesi saprà ad ogni istante quale è l' ora che si ha nel porto medesimo. Intanto altri orologi o le osservazioni dell' altezza del sole gli mostreranno l' ora del suo naviglio. Conoscerà dunque sempre la sua longitudine relativamente al nominato porto. Se poi a questa cognizione potrà accoppiare quella della sua latitudine, avrà il contento di segnare sul suo mappamondo il punto a cui corrisponde il suo naviglio e di computarne la distanza dal paese da cui partì, dagli scoglj e banchi che paventa e dai porti a cui tende.

351. Un altro mezzo meno comodo ma più generale e meno difettibile di determinare le longitudini si ha nell' osservare simultaneamente uno stesso fenomeno celeste e nel luogo di cui cercasi la longitudine e in quello il di cui meridiano prendesi come primo. Due osservatori quantunque distantissimi uno dall' altro possono contemporaneamente vedere uno stesso astro. Infatti mentre un dato astro tramonta per noi, culmina per chi relativamente a noi ha una longitudine occidentale di 90° e nasce pei nostri antipodi. Quindi molti fenomeni celesti nell' istante in cui si scorgono da noi, scorgere si possono ancora a Calcutta o a Filadelfia. Se dunque due osservatori collocati sotto differenti meridiani osserveranno uno di tali fenomeni e noteranno rigorosamente l' ora in cui principia o termina, dal confrontare di poi le rispettive osservazioni ricaveranno la differenza di ora che si aveva nei due luoghi al principio o alla fine di detto fenomeno e quindi la longitudine di un luogo rispetto all' altro.

352. Anderebbe assai per le lunghe la determinazione delle longitudini, nè i marinaj nè i viaggiatori potrebbero giovar-

sene, se non si avesse ritrovato lo spediente di rendere immediatamente nota a questi ultimi l' ora precisa che nell' istante che il cielo presenta quel fenomeno si ha nel luogo al meridiano del quale riferire vogliono la propria longitudine. Dalle principali specole astronomiche si pubblicano annualmente le così dette *Effemeridi* che sono una specie di almanacchi che predicono tutti i varj fenomeni celesti che si potranno giorno per giorno osservare nell' anno susseguente con l' ora precisa che in essa specola si avrà al principio e al termine dei fenomeni stessi. Il pilota adunque ed il viaggiatore, munito della effemeride della principale specola della propria nazione, appena osservato un determinato fenomeno celeste, saprà quanta e quale è relativamente alla specola medesima la propria longitudine.

353. I fenomeni che servono specialmente all' uopo di cui si parla sono gli eclissi della luna e dei satelliti gioviali e le congiunzioni dei pianeti colle stelle. Possono servire ancora gli eclissi solari e le occultazioni delle stelle sotto il disco lunare. Ma questi ultimi fenomeni per causa della grande parallasse lunare succedono differentemente e in epoche sensibilmente differenti per gli osservatori collocati in notabili distanze; mentre gli eclissi della luna e dei satelliti gioviali avvengono per tutti gli osservatori esattamente nel medesimo istante (238) e le congiunzioni dei pianeti colle stelle, atteso la loro piccolissima parallasse, succedono, se non nello stesso, almeno sensibilmente nello stesso istante per ogni luogo ove il fenomeno è visibile. Varj altri fenomeni celesti possono servire al notato scopo, e di tutti sa giovarsi il geografo: e quando tutti mancano, trae partito dalle differenti distanze della luna e dei pianeti dalle principali stelle. Ma egli fonda la sua più grande fiducia negli eclissi che si succedono frequentissimamente dei satelliti di Giove (169). L' immortale Scopritore di questi astri Medicei immaginò pel primo come i loro eclissi potevano far conoscere le longitudini e pel primo parimente si accinse a calcolarne un' effemeride per la nautica Olandese.

Della velocità della luce.

354. L' osservazione degli eclissi dei satelliti di giove fece conoscere un fatto della massima importanza, la successiva trasmissione e velocità della luce. Paragonando tra loro le epoche dei nominati eclissi si conosce che quando giove è in *opposizione* essi succedono più presto e che al contrario quando giove è nelle vicinanze di sua *congiunzione superiore* succedono più tardi di quello dovrebbero corrispondentemente alla durata di loro siderale rivoluzione. Queste anticipazioni e questi ritardi sono eguali esattamente per ciascuno dei quattro satelliti. Non si possono attribuire ad ineguaglianze che accadano nel loro moto, poichè, atteso gli annui moti di giove e della terra, le opposizioni e le congiunzioni di esso giove corrispondono successivamente a tutti i differenti punti di sua orbita e a diverse plaghe celesti, siccome pure corrispondono successivamente a qualsivoglia punto di loro orbita gli eclissi dei satelliti. Si abbandonò quindi il pensiero di spiegare un tal fatto col mezzo di simili anomalie e invece si spiegò semplicissimamente coll' ammettere che la luce riflessa da quei piccoli astri non giunge in un istante sino alla terra, ma che in percorrere lo spazio interposto impiega un tempo sensibile e differente secondo la differente grandezza dello spazio medesimo. La distanza di giove in congiunzione supera di un intiero diametro dell' orbita terrestre la distanza di giove in opposizione (260); di questa differenza si usò per rendere ragione dell' esposto fenomeno. Dobbiamo inoltre osservare che le anticipazioni o posticipazioni nelle epoche degli eclissi nominati si ritrovano sempre ed esattamente proporzionali alla differente distanza di giove dalla terra, di maniera che succeduta l' opposizione presto si manifesta qualche ritardo, il quale aumenta a proporzione che giove accostasi alla congiunzione ed è divenuto massimo mentre giove è vicinissimo alla congiunzione medesima; parimente le anticipazioni cominciano a manifestarsi presto dopo la congiunzione, aumentano a proporzione che giove dalla medesima si discosta e sono massime mentre succede l' opposizione. Queste *massime* anticipazioni o posticipazioni sono di circa 16 minuti e 26 secondi. Dunque secondo la ricevuta

spiegazione la luce impiega tutto il notato tempo in percorrere un diametro dell' orbita terrestre e in conseguenza una metà di detto tempo cioè 8' e 13" in venire dal sole a noi. Le osservazioni tutte si accordano così bene con questa ipotesi e vi soddisfanno così pienamente ed esattamente che sarebbe impossibile il revocarla in dubbio.

355. Abbiamo parlato in principio di questo libro (15) dell' *aberrazione* delle stelle, e veduto come debba per la legge della composizione delle forze succedere un tal fenomeno se la luce e la terra sono dotate di una certa velocità. L' osservazione ci mostra continuamente il detto fenomeno e ce ne misura esattamente la grandezza, cioè l' angolo *FTE* (fig. 3) di cui una data stella vedesi distante dal suo *vero luogo* per causa dell' aberrazione. Quest' angolo varia insieme con quello *FTN* formato dalla direzione *FT* della luce con quella *TN* della terra. Quando questo è retto, l' aberrazione *FTE* è massima. Quando l' angolo *FTN* è minore, ancora l' aberrazione è corrispondentemente minore Ammettendo la suddetta velocità della luce e l' annua velocità terrestre quale ci mostrarono i varj fenomeni celesti e inerendo sempre al principio della composizione delle forze è facilissima cosa il determinare col calcolo la grandezza dell' aberrazione che tali velocità possono produrre per una data stella. Infatti non trattasi d' altro che di determinare la grandezza dell' angolo *FTE* del triangolo *FTE* avente il lato *FT* proporzionale alla velocità della luce, l' altro lato *FE* proporzionale alla velocità annua della terra e l' angolo compreso *EFT* supplemento dell' angolo noto *FTN*. È cosa estremamente rimarchevole e che pone fuori d' ogni dubbio i moti della luce e della terra, che tutti i risultamenti che col calcolo suddetto si ottengono per le diverse stelle sono esattamente eguali ai risultamenti della osservazione. Non potendoci trattenere lungamente intorno a questo soggetto ci limiteremo all' unico caso della massima aberrazione, la quale secondo le mille volte ripetute osservazioni è di 20", 25. Osserviamo ora se il calcolo dà un eguale risultamento.

356. In questo calcolo per più semplicità supporremo circolare l' orbita terrestre e prescinderemo dalle anomalie a cui l' annua velocità terrestre è soggetta. Pel proposto caso l' angolo *TFE* è retto. Pel lato *FT* rappresentante la velo-

cità della luce poniamo il raggio medio dell' orbita terrestre e per l' altro *FE* rappresentante la velocità terrestre poniamo l' arco dell' orbita stessa il quale si percorre dalla terra nel tempo in cui la luce percorre il detto raggio cioè in 8' e 13", arco che per la sua piccolezza può reputarsi una retta linea. Per conoscere quest' arco basta risolvere questa proporzione: se in un anno siderale cioè in giorni 365, 256383 la terra percorre l' intiera circonferenza di sua orbita, quale porzione ne percorrerà in 8' e 13"? si ottiene 20", 25. Per le regole trigonometriche essendo rettangolo il triangolo *TFE* si ha $FT : FE = R : tang.\ FTE$, cioè il raggio dell' orbita terrestre sta ad un suo arco di 20", 25, come il raggio sta alla tangente trigonometrica dell' angolo *FTE*. Poichè la tangente di un piccolissimo arco non differisce sensibilmente dall' arco stesso, segue che la cercata tangente è quella dell' arco di 20", 25 e che però l' angolo *FTE* o pure l' aberrazione delle stelle nel tempo che la loro luce ci colpisce in direzione perpendicolare alla direzione dell' annuo moto terrestre, secondo il calcolo fondato sopra le ipotesi del moto della luce e della terra, deve essere eguale a 20", 25, risultamento identico a quello mostrato dall' osservazione. Con un simile calcolo si può determinare la quantità dell' aberrazione per qualsivoglia altro caso; nè trattasi mai che di risolvere un triangolo *TFE* di cui son noti due lati *FT* e *FE* e l' angolo compreso *TFE*.

357. Il raggio sta all' arco di 20", 25 prossimamente come 10313 : 1. È questa prossimamente la ragione che sussiste tra la velocità della luce e l' annua della terra.

358. La terra, poichè nel moto annuo descrive la circonferenza di sua orbita, cambia continuamente di direzione. Ma la composizione dei due moti della luce e della terra fa comparire sempre più avanzato verso la parte verso cui è diretta la terra qualunque raggio luminoso che giunge agli occhi nostri. Dunque sembrerà continuamente cambiare insieme colla direzione della terra ancora quella della luce derivante da un dato astro. Segue da ciò che noi non vediamo mai gli astri nel loro vero luogo, che il loro *luogo apparente* deve continuamente girare intorno al loro *vero luogo* e che il periodo di questi giri deve essere precisamente eguale alla durata d' una rivoluzione siderale della terra. Questi giri

apparenti che si osservano in qualsivoglia stella ogni anno sono piccolissime elissi di dimensioni dipendenti dalla grandezza dell' aberrazione. L' asse maggiore di tutte queste elissi è paralello all' eclittica e per qualsivoglia stella ha una grandezza apparente eguale al doppio della massima aberrazione cioè a 40", 50. L' asse minore poi varia insieme colla *latitudine delle stelle*, cioè colla loro distanza dall' eclittica e *la ragione di questo piccolo asse all' asse maggiore è uguale a quella del seno di detta latitudine al raggio.* Dal che segue che le elissi apparentemente descritte dalle stelle situate ai poli dell' eclittica, le quali attesa la infinita loro distanza mandano continuamente i loro raggi di luce perpendicolarmente al piano dell' eclittica e alla direzione della terra, hanno i due assi eguali e però sono circoli, che l' asse minore delle elissi delle stelle vicinissime all' eclittica è piccolissimo, e che è eguale a zero per quelle che sono nel piano medesimo dell' eclittica. Queste ultime sembrano andare e venire una volta l' anno per una retta linea della suddetta grandezza apparente di 40", 50. Le stelle sembrano trovarsi ad una estremità del grande asse quando sono in *congiunzione superiore* cioè passano al meridiano insieme col sole e all' altra estremità quando sono in *opposizione* o passano al meridiano a mezza notte: quando si trovano distanti 90° dalla congiunzione appajono in una estremità del minor asse, e appajono all' altra estremità quando distano 90° dalla opposizione. Tutti questi fatti si spiegano esattamente ammettendo i moti della luce e della terra e applicando al caso la legge della composizione delle forze.

359. Il moto diurno della terra deve produrre sulla luce un effetto analogo a quello del moto annuo. Ma il moto diurno essendo piccolissimo comparativamente all' annuo non può produrre che un effetto intieramente insensibile.

Il celebre Nizzardo Domenico Cassini, padre e fondatore dell' Astronomia Francese, preparò la scoperta della diffusione e velocità della luce coi suoi grandi lavori intorno ai moti dei satelliti gioviali e col pubblicare nel 1666, essendo Professore in Bologna, una completa teorica e nel 1669 una esattissima effemeride dei moti medesimi. Roemer famoso Danese si giovò in maniera delle nominate opere che nel 1675 fece e pubblicò la nominata interessantissima scoperta.

L' aberrazione delle stelle, scoperta che serve di compimento a quella di Roemer e di evidentissima dimostrazione del moto annuo della terra, rese immortale il nome di Bradley professore in Oxford. Questi nel 1727 conobbe il fenomeno e lo spiegò combinando insieme la velocità della luce con l' annua della terra. L' astronomia riconosce da Bradley, che giustamente riguarda quale archetipo degli osservatori, un' altra non meno importante scoperta, quella della *nutazione* dell' asse terrestre e delle leggi alle quali la nutazione stessa è soggetta. Questa scoperta è del 1745.

Delle Stelle.

360. Abbiamo già notato che le stelle mancano d' ogni parallasse non che diurna ma ancora annua. Ciò vuol dire che la loro distanza è così grande che non solo il raggio della terra ma eziandio quello dell' orbita terrestre sono quasi un nulla appetto della distanza medesima. Gli astronomi con grandissima cura ricercarono l' annua parallasse delle stelle, e le loro osservazioni furono tante e tanta fu la diligenza e tanta la perfezione degli strumenti con cui le fecero che se la detta parallasse fosse ancora di un solo minuto secondo o persino di soli tre secondi decimali o vicina a tale quantità, l' avrebbero certamente riconosciuta. Per lo che gli astronomi riguardano per certo che sia dessa minore di 3" decimali eziandio per quelle stelle che dall' essere più brillanti si devono reputare più vicine. Non potremo dunque conoscere quanto le stelle siano da noi lontane, quanto siano grandi e quanto distanti le une dalle altre; potremo nonostante dal sapere che la loro parallasse annua è minore certamente di tre secondi decimali dedurre conseguenze attissime a darci qualche idea della immensità dell' universo.

361. Supponiamo che la detta parallasse sia 3" decimali i quali equivalgono a 0", 972 sessagesimali e cerchiamo quale distanza vi corrisponda col risolvere a favore di OS il triangolo parallatico CSO (fig. 5) il di cui lato CO sia il raggio dell' orbita terrestre, l' angolo opposto CSO la suddetta parallasse $=$ 0", 972 e l' angolo O retto. Espresso come al solito con l' unità il raggio trigonometrico, avremo $OS : CO = 1 : tang.\ 0'', 972$. Questa tangente è uguale a

0,000004712256, e però il raggio trigonometrico ne è 212212 volte maggiore. Dunque la distanza *OS* delle stelle dal sole o dalla terra sarebbe 212212 volte più grande del raggio dell' orbita terrestre se la parallasse annua delle medesime fosse 0", 972. Ma è certo che la vera parallasse è minore di detta quantità, e però è certo che la distanza interposta tra noi e la stella più vicina è maggiore di 212212 volte quella che ci separa dal sole. Di una tale quantità può essere maggiore senza limite veruno la vera distanza di essa stella, ma non ne può essere certamente minore.

362. La media distanza della terra dal sole equivale a 24096 raggi medj terrestri (128) e il medio raggio terrestre (114) a miglia italiane 3432,5. La distanza delle stelle è adunque maggiore di 5111610524 raggi medj terrestri o pure di 17 545600 000000 miglia italiane. Chi può concepire una così grande distanza? Chi la capacità della sfera avente per raggio la distanza medesima? Ma in tale capacità non sta tutto l' universo: in essa avvolgesi il solo sistema solare di cui la nostra terra costituisce una piccolissima parte. L' infinito numero delle stelle è tutto al di là di tal limite.

363. Impiegando la luce 8' e 13" di tempo in percorrere il raggio dell' orbita terrestre (354), il tempo che impiegherà in percorrere la suddetta distanza sarà eguale a 212212 volte 8' e 13", o pure a tre anni e 115 giorni. Quella luce adunque che ci fa vedere le stelle più brillanti emanò da quelle stelle circa quattro anni sono. Quanti anni saranno scorsi da che è in cammino quella per cui discerniamo le stelle di 2.ª, di 3.ª, di 4.ª, di 5.ª di 6.ª grandezza, la distanza delle quali deve essere incomparabilmente maggiore? Ed è forse in cammino da intieri secoli quella per cui scorgiamo colle lunette una infinità di stelle invisibili ad occhio nudo.

364. L' occhio armato di una lunetta astronomica vede gli oggetti sotto un angolo ottico le cento e sino le mille volte maggiore di quello sotto cui si vedono dall'occhio nudo. Tale effetto non solo è sensibile con gli oggetti terrestri, ma ancora con i corpi del sistema solare. Ma le stelle vedute attraverso tali lunette non appajono che quai lucentissimi punti. Pure la forza amplificativa della lunetta ne ingrandisce realmente l' imagine le cento o le mille volte, ed essa imagine è quale sarebbe

se le stelle fossero in una distanza le cento o le mille volte più piccola. Il non essere, nonostante un tanto ingrandimento, la detta imagine maggiore di un semplice punto dimostra che è talmente grande la distanza delle stelle che dessa potrebbe divenire le cento e le mille volte minore senza che ne aumentasse sensibilmente la grandezza apparente. Reciprocamente poi la immensa distanza delle stelle rende ragione dell' insensibile effetto dei telescopj sopra l' angolo ottico delle medesime.

365. Dall' essere talmente grande la distanza in cui ci troviamo dalle stelle e dall' essere l' angolo ottico sotto cui vedesi il raggio dell' orbita terrestre in detta distanza certamente minore di un minuto secondo, deducesi essere immensa la distanza tra stella e stella. Quantunque due stelle non appajano divise che da un arco di un minuto, quest' arco a quanti milioni di miglia non corrisponderà? Nel caso in cui la parallasse d' ambidue fosse = 0", 972, il detto arco sarebbe eguale a circa 62 raggi dell' orbita terrestre. Ma quanto sarà maggiore questa distanza quando, siccome sarà generalmente, la parallasse di una delle due stelle sarà eguale alla sola metà o alla terza o quarta parte di quella dell' altra? La distanza che separa tra loro le stelle, quantunque estremamente piccoli ne appajano gli archi interposti, è immensa al pari di quella che separa il sole dalle stelle.

366. L' angolo ottico sotto cui vedonsi le stelle è piccolissimo, e secondo la generalità delle osservazioni è minore di 1". Se fosse = 1", una stella impiegherebbe due secondi di tempo nell' occultarsi sotto il disco lunare e nell' emergere dall' eclisse, poichè la luna impiega appunto due secondi di tempo in avanzarsi di 1" nella sua orbita (156). Ma invece v' impiega un tempo assai più corto e scompare e riappare quasi come un baleno.

367. Se il sole il di cui diametro apparente nella sua media distanza dalla terra (131) è uguale a 1922" venisse trasportato in una distanza 212212 volte maggiore, la sua grandezza apparente si ridurrebbe a 0",009057. Il diametro apparente delle stelle che vediamo è certamente molto maggiore di questo, e si tiene come cosa verissima che una stella di un così piccolo diametro sarebbe assolutamente invisibile. Ciò

dimostra che le stelle sono corpi assai grandi anche in confronto del sole.

368. Una stella che avesse una parallasse = 0", 972 e una grandezza apparente eguale alla stessa quantità, avrebbe un diametro reale eguale al raggio medio dell' orbita terrestre. Il diametro di tale stella sarebbe per conseguenza quasi 108 volte maggiore di quello del sole (131), e il volume circa 1241000 volte più grande del volume solare.

369. Herschel pretende di avere misurato il diametro apparente di alcune stelle. Secondo questo celebre astronomo il diametro apparente per esempio della stella chiamata *Vega* è = 0", 333; quello della stella *Aldebarano* = 1", 5, e quello della stella *Capra* = 2", 5. Supponendo che la parallasse di ciascuna di queste tre stelle sia = 0", 972 e prendendo per unità il diametro reale del sole, si determinerà facilmente il diametro reale di dette stelle dividendone le riferite grandezze apparenti per 0", 009057 grandezza apparente che avrebbe il sole in eguale distanza. Prendendo poi come unità il volume del sole, si determinerà il volume delle stelle medesime dividendo i cubi delle rispettive grandezze apparenti pel cubo di 0, 009057. Secondo questo computo i volumi di queste tre stelle sarebbero rispettivamente 51252, 4560800, 21114865 volte maggiori di quello del sole.

370. Le stelle risplendono per luce propria e indipendentemente affatto dalla luce solare. Per persuaderci di ciò basta considerare che nella immensa distanza delle stelle la luce solare deve avere una infinita rarezza, essendo la densità della luce inversamente come il quadrato delle distanze (V. Mollet t. 5. n. 1162). Però dovrebbe essere un nulla la luce solare che le stelle potrebbero riflettere verso noi, e questa nell' immenso tragitto tra le stelle e noi dovrebbe nuovamente rarefarsi in modo che lungi dal presentarcele cotanto splendenti, non potrebbe assolutamente bastare a farcele discernere. Inoltre se non fosse estremamente viva la luce che dalle stelle deriva, atteso la estrema tenuità di loro grandezza apparente, non si potrebbero assolutamente vedere. Ne è la vivacissima luce che supplisce all' estrema piccolezza dell' angolo ottico. Urano ha un diametro apparente di 4" e la sua distanza è una piccolissima cosa a fronte della distanza delle stelle: ma perchè non risplende che per la luce

solare riflessa dalla sua faccia compare come una piccolissima stella di 6.ª grandezza.

371. Da quanto abbiamo fin quì detto risulta essere ogni stella un vastissimo sole, dotato di una luce sua propria, e collocato in una immensa distanza dai noi e dalle altre stelle. La grandezza di una stella differirà da quella di un' altra, una sarà un milione di volte così grande come il nostro sole, un' altra solamente mille volte, ed altre gli saranno eguali o poco differenti, ma pare certo che queste ultime, quantunque avessero una parallasse = 1", sarebbero assolutamente invisibili per noi. Risovveniamoci ora quanto abbiamo detto intorno al numero delle stelle (89, 90), e quindi giudichiamo dell' immensità dell' universo e dell' infinita potenza del Creatore.

372. Se le stelle sono altrettanti soli, l' analogia vuole che ciascuna stella sia il centro e la base di un *mondo* o di un *sistema planetario*, siccome lo è il nostro sole. Se undici pianeti corteggiano il nostro sole, da quanti e quanto grandi pianeti sarà corteggiata Aldebarano o la Capra per esempio le quali hanno grandezze cotanto maggiori?

373. Nulla sappiamo intorno lo stato di moto o di quiete delle stelle. Quantunque desse fossero fornite di velocissimi moti, non ce ne potremmo accorgere se non dopo lunghissimi spazj di tempo. La immensa distanza fa comparire quai semplici punti immensi volumi ed immensi tratti.

374. Nulla parimente sappiamo intorno le *stelle nuove* (90). Bisogna che siano ben grandi le cause di questi fenomeni se in cotanta distanza sono ancora visibili. Tali cause saranno, pare, vastissimi incendj che repentinamente si accendano in quei giganteschi corpi. Per ispiegare poi i cangiamenti periodici nella luminosità delle *stelle cangianti* (90) alcuni suppongono che questi soli siano dotati di un moto rotatorio intorno ad un asse ed abbiano la superficie disseminata da vastissime macchie non illuminate, le quali in alcune epoche si rivolgano verso noi per effetto di loro rotazione. Altri vollero spiegare questi fatti supponendo la forma di queste stelle estremamente appiattita, simile cioè a quella di una lente, la quale forma le renda meno luminose sotto certi aspetti. Si suppose finalmente che alcuni grandi corpi opachi circolino intorno a queste stelle e che ne intercettino la luce

eclissandole periodicamente. Il tempo a forza di moltiplicare le osservazioni giungerà forse a decidere del merito di queste ipotesi.

375. Poco sappiamo intorno all' ordine con cui sono questi astri disseminati nella immensità dello spazio. Pare però che non vi siano sparsi in un ordine eguale e simmetrico, ma che piuttosto siano riuniti in gruppi composti ciascuno di molti milioni di stelle. Quelle congerie d' innumerevoli stelle che si discernono nelle *nebulose* (89) ci portano ad una tale credenza. L' aspetto di queste nebulose non pare che da altro derivi che dalla confusione che l' irradiazione cagiona nella luce che emana da cotanti soli i quali per causa dell' infinita loro distanza da noi sembrano gli uni vicinissimi agli altri. La *via lattea* (89) altro forse non è che una nebulosa, e se a noi pare così ampia ne sarà causa la sua minore distanza. Forse il nostro sole e tutte le stelle che risplendono nelle notti serene altro non costituiscono che uno dei suddetti gruppi, che ci sembrerebbe una via lattea se ci trovassimo alla distanza della via lattea e una nebulosa se lo guardassimo da una nebulosa.

Della irradiazione.

376. Le stelle all' occhio armato di telescopj appajono più piccole che all' occhio nudo e tanto più piccole quanto più lo strumento è migliore. Le stelle più brillanti e apparentemente più grandi non sono per l' occhio munito di una buona lunetta se non punti di una estensione estremamente piccola e che si sottraggono ad ogni misura. I telescopj producono un tale effetto col distruggere in buona parte ciò che chiamasi *irradiazione*. Intendesi con questo termine l' aumento che osservasi nella grandezza apparente dei corpi luminosi o fortemente illuminati. Un corpo quando è fortemente illuminato appare più grande notabilmente di quando lo è scarsamente, un oggetto bianco appare maggiore di un oggetto nero quantunque dotato delle medesime dimensioni. Il segmento illuminato direttamente dal sole della luna crescente o calante si direbbe spettare ad una sfera maggiore di quella a cui spetta il rimanente del disco lunare illuminato debolmente dalla luce cinericcia che vi giunge dalla terra. L' irradiazione

si attribuisce ad uno sparpagliamento che soffrono i raggi luminosi attraversando l' atmosfera ed alla vivezza dell' impressione che i medesimi raggi fanno sul fondo dell' occhio, la quale propagandosi alquanto per causa di sua violenza all' intorno del tratto colpito dai raggi medesimi fa che giudichiamo gli oggetti da cui provengono maggiori di quello sono. I telescopj col riunire potentemente i raggi luminosi distruggono in molta parte la irradiazione; e così ci fanno vedere le stelle sotto un angolo ottico assai minore di quello le vediamo ad occhio disarmato.

Della scintillazione delle stelle.

377. Il fenomeno della *scintillazione delle stelle* per la quale pare che il loro lume non sia continuo ma soggetto a rapidissime interruzioni si suole spiegare col mezzo e della estrema piccolezza della grandezza apparente delle stelle e della mancanza di omogeneità dell' aria atmosferica. Il minimo moscherino, un filo di ragno, un atomo di polvere bastano colla loro interposizione a toglierci l' aspetto di una stella. I vapori acquei poi dei quali tanta quantità nuota sempre nell' aria influiranno moltissimo in produrre il notato effetto. I successivi passaggi dall' aria nel vapore e da questo in quella devono scemare e deviare in modo i raggi luminosi verso l' occhio diretti, che questi non vi potranno pervenire con una continuata uniformità. Varie osservazioni si accordano a farci credere che la scintillazione delle stelle cresce con la umidità dell' aria e specialmente con una umidità di fresco elevata e non ancora distribuita con quella regolarità con cui suole col tempo distribuirsi. Così per esempio dicesi che subito dopo la pioggia la scintillazione è maggiore e che nelle lunghe siccità e nelle calde notti estive è minore. I pianeti non sono soggetti alla scintillazione, ma hanno una grandezza apparente molto maggiore di quella delle stelle.

Verita' del sistema copernicano.

378. Esposi i principali fenomeni celesti e i più importanti risultamenti delle astronomiche osservazioni e dei calcoli fondati sulle medesime; accennai le cause e diedi le spiegazioni dei fenomeni stessi. Ognuno avrà potuto ammirare la semplicità e naturalezza delle cause dei fenomeni e la facilità e l' evidenza delle spiegazioni dei medesimi. A questi caratteri che sono proprj della verità credo che ognuno si sarà persuaso che il sistema copernicano o per dir meglio il sistema della gravitazione universale è il vero sistema della natura e che, lungi dall' essere una semplice ipotesi, è una innegabile verità. Per confermarsi maggiormente in questo sentimento gioverà il conoscere ancora due altri sistemi che in altri tempi furono impiegati per la spiegazione dei fenomeni celesti e che portano il nome di Tolomeo e di Ticone. Alla nuda esposizione di questi sistemi aggiungerò poi due altri paragrafi in cui per comodo del Leggitore e per una specie di riepilogo e conclusione del libro accennerò i principali argomenti che dimostrano la verità delle due fondamentali proposizioni del copernicano sistema, del moto diurno cioè e del moto annuo della terra.

Sistema di Tolomeo.

379. L' egiziano Claudio Tolomeo fioriva nella prima metà del secondo secolo dell' era nostra. Egli è l' autore dell' Almagesto, libro prezioso per la storia dell' antica astronomia e per la collezione delle antiche osservazioni. Egli credette ciò stesso che ad ogni uomo pare, che la terra sia immobile, che occupi il centro dell' universo e che tutti gli astri niuno eccettuato, le girino quotidianamente intorno. Siccome poi la luna, il sole ed i pianeti oltre il moto diurno appajono dotati ancora di *moto proprio* e impiegano tempi molti differenti in compiere le loro siderali rivoluzioni, credette che questi astri fossero assai più presso alla terra che non le stelle e tanto più quanto è più breve la durata di loro rivoluzione siderale. Partendo da tale supposizione credette che dopo la luna il più vicino alla terra fosse mercurio, che in una distanza al-

quanto maggiore si avvolgesse venere, in una ancora più grande il sole, poi marte, indi giove e finalmente saturno.

380. Tutte le osservazioni astronomiche si accordano in dimostrare l' insussistenza dell' esposto sistema. Il quadro del numero 130 dedotto da esatte osservazioni comincia a far vedere quanto la terra sia lontana dal centro dei moti planetarj. Le fasi di venere e di mercurio hanno tutt' altra forma che quella aver dovrebbero se la terra fosse il centro dei loro moti (267). Venere e mercurio non si ritrovano mai in opposizione, siccome ritrovare si dovrebbero ad ogni loro rivoluzione se realmente si avvolgessero intorno alla terra, e al contrario in ogni loro rivoluzione si portano in congiunzione superiore, cosa che nell' ipotesi tolomaica non potrebbe in niuna maniera succedere. In detta ipotesi i fenomeni delle stazioni e retrogradazioni dei pianeti, i quali sono semplicissime conseguenze nel sistema copernicano (245), sono assolutamente inesplicabili, e per dire tutto in breve, di niun fenomeno può rendersi ragione, ogni scoperta è un nuovo mistero, e il cielo è tutto disordine e confusione.

Sistema di Ticone.

381. Tycho-Brahè, o Ticone, nacque nel 1546 a Knudsturp nella Scania e morì nel 1601 in Praga. Furono grandi i servigi che esso rese all' astronomia colle sue osservazioni e si confortava giustamente in morte di non essere vissuto inutilmente. Ticone conobbe l' insufficienza del sistema tolemaico e la grande superiorità del copernicano. Ma tocco dalle obbiezioni che allora dagli avversarj di Copernico si opponevano al moto della terra, e forse trascinato dalla vanità di dare il proprio nome ad un sistema astronomico, non volle ammettere il vero sistema della natura. Secondo lui la terra è immobile nel centro dell' universo. Tutti gli astri compiono ogni giorno un' intiera rivoluzione intorno all' asse del mondo. Poichè il sole ed i pianeti oltre il detto moto giornaliero hanno ancora il moto annuo, costituì la terra in centro del moto annuo del sole; in centro poi del moto annuo di tutti i pianeti costituì il sole stesso, il quale nella sua rivoluzione annua intorno la terra tutti li trasporti seco. In questo sistema le apparenze sono le stesse che nel copernicano, ma

non è egli fisicamente assurdo il supporre la terra senza moto, mentre il sole trae seco i pianeti in mezzo ai quali essa è compresa? La distanza della terra dal sole così bene d' accordo colla durata di sua rivoluzione nell' ipotesi copernicana (141) non poteva lasciare alcun dubbio intorno al moto della terra ad uno spirito fatto per sentire la forza dell' analogia; e devesi dire con Keplero che la natura proclama con tale accordo ad alta voce la verità del moto medesimo. Ma Ticone, sebbene grande osservatore, non è stato fortunato nella ricerca delle cause. Il suo spirito fu così poco filosofico che credette nell' astrologia giudiziaria e ne fu acerrimo difensore. Non bisogna nonostante giudicare di Ticone con lo stesso rigore con cui si giudicherebbe ora di chi ne ammettesse il sistema. Allora non si erano fatte le tante scoperte che pongono il sistema del moto della terra fuori d' ogni contestazione, nè si conoscevano ancora le leggi di Meccanica con le quali si rende ragione del seguire che fanno i corpi che cadono liberamente dall' alto i moti della terra in maniera che il punto in cui incontrano il suolo è quasi verticalmente situato al di sotto di quello da cui cominciano a discendere, invece di essere di tanto più presso occidente, di quanto pei moti della terra il punto suddetto deve portarsi verso oriente nel tempo che i gravi impiegano in discendere. Il sistema Ticonico non ebbe partigiani. Ne era troppo grande l' affettazione e la mancanza di naturalezza e semplicità. E siccome non aveva altro di buono che quanto tolto aveva dal sistema copernicano, così non servì che a persuadere maggiormente della verità di quest' ultimo.

Obbiezioni contro il moto della terra. Risposte alle medesime.

382. La principale proposizione dei sistemi Tolemaico e Ticonico è l' immobilità della terra. Le armi con cui i difensori di questa immobilità cercavano opporsi ai copernicani si riducevano alle seguenti ragioni.

1.° La terra non ha verun moto, perchè se ne avesse ce ne accorgeremmo. 2.° Se la terra si muovesse, i projetti lanciati verticalmente, anzichè cadere a' piedi del projciente, caderebbero tante miglia più verso occidente di quante la terra si avanza pel suo moto diurno ed annuo verso oriente

nel tempo che il projetto sale e discende. 3.° Se la terra avesse il moto annuo, noi dovremmo riferire una data stella a differenti punti del cielo, secondo che la vedremmo dall' una o dall' altra estremità d' un dato diametro dell' orbita terrestre; ciò che non si verifica, giacchè le stelle mancano di ogni parallasse. 4.° Ricorrendo finalmente a ragioni teologiche dicevano che se la terra si muovesse, Giosuè avrebbe intimato alla terra di fermarsi e non al sole, nè il sacro testo soggiunto avrebbe che il sole si fermò; che il Salmista non direbbe parlando di Dio: *Qui fundavit terram super stabilitatem suam, non inclinabitur in sæculum sæculi;* ed in altro luogo: *Etenim firmavit orbem terræ, qui non commovebitur;* che non si leggerebbe nell' Eclesiaste: *Terra autem in æternum stat, ecc.* 5.° Per ultimo si ritrovava inconveniente che l' uomo, creatura nobilissima, destinato a fini così alti, il primario scopo della natura avesse a muoversi continuamente e con tanti moti, e invece di essere servito e corteggiato da tutto l' universo, non avesse che un piccolissimo pianeta per abitazione, e questo costretto a procacciarsi i benefizj della successione del giorno e della notte e delle stagioni col girare intorno a sè stesso e intorno al sole come un qualsivoglia altro più tapino pianeta.

383. Alla prima ragione si può rispondere che se non ci accorgiamo del moto della terra, non possiamo nè meno accorgercene, poichè tutte le sue parti col mare, con l' atmosfera e con noi si muovono con la medesima velocità, e però nulla trovasi in terra che avvertire ci possa di questo moto. Gli unici corpi che avvertire ce ne possono sono gli astri. Ma atteso la immensa loro distanza, i nostri sensi non ci possono assicurare che il moto che in loro vediamo diretto da oriente in occidente sia reale o se apparente e cagionato da un moto che noi stessi facciamo in verso opposto da occidente in oriente. A chi veleggia in tranquillo lago non pare che le sponde a cui si appressa gli vengano incontro e facciano in verso opposto tutto il cammino che esso fa?

384. La seconda ragione non vale più della prima. Il projetto mentre viene lanciato ha comune col projciente la velocità diurna e la velocità annua della terra. Niente poi incontrando nella sua ascensione e discesa che gli involi nè punto nè poco di queste velocità, esso mentre obbedisce alla forza che lo lanciò ascendendo e alla gravità dicendendo,

conformemente alla prima legge fondamentale di Meccanica deve pure necessariamente progredire verso oriente per effetto della velocità diurna ed annua tanto precisamente quanto per le stesse velocità progredisce nello stesso verso il projciente (V. Mecc. n. 7 e 682).

385. L' obbiezione della mancanza di parallasse nelle stelle valerebbe se d' altronde si sapesse che la distanza di queste è minore di quella si richiede acciò la loro parallasse annua sia insensibile. Ma tutto all' opposto le astronomiche osservazioni ci fanno credere grandissima la detta distanza: Tolomeo medesimo la credeva tale (379). L' insensibile ingrandimento poi che le lunette astronomiche più perfette producono nell' angolo visuale delle stelle si accorda troppo bene con una immensa distanza per dovere attribuire a questa e non alla immobilità della terra la mancanza di parallasse nelle stelle (364).

386. Non richiedesi molta ermeneutica per rispondere alla obbiezione dedotta dai citati testi scritturali e da varj altri che riferirsi potrebbero e che esprimono presso a poco lo stesso sentimento. Perchè pretendere che gli Eroi della Bibbia conoscessero il sistema copernicano e parlassero e scrivessero conformemente al medesimo? Dio rivelò agli uomini le cognizioni necessarie per la vita eterna, ma secondo che la stessa Scrittura attesta, lascia che le altre se le procacci chi vuole colla osservazione e collo studio. Nei tempi biblici poi meschinissimo era lo stato delle scienze naturali, e quindi deve essere conforme a questo stato quanto leggesi incidentemente sparso nella Bibbia intorno a dette scienze. Forse alcuno temerà mancare di rispetto agli Eroi biblici arrendendosi alla esposta certissima dottrina, e senza averne verun fondamento vorrà credere che dessi sapessero tanto addentro nelle scienze naturali quanto in Religione. A costui può soggiungersi che nonostante la supposta scienza i detti Eroi per non rendersi inintelligibili o ridicoli al popolo per cui parlavano e scrivevano, dovevano usare le stesse maniere che usava il popolo e che si usano anche presentemente da tutti, ancora dai più dotti astronomi, per esprimere il levarsi o il tramontare del sole e delle stelle o il miracolo di Giosuè o la stabile costituzione fisica del mondo. Ed hanno appunto relazione a questa i riferiti detti del Salmista, il significato dei quali è che Dio costituì in maniera il globo terrestre che

senza veruna alterazione può sussistere per un immenso corso di secoli. Questa durevolezza è effetto necessario della mutua attrazione con cui l' Eterno avvincolò i pianeti col sole e di quella velocità tangenziale che la Voce Creatrice nei medesimi impresse al chiamarli dal nulla. L' Eclesiaste poi nel testo obbiettato non ci dice altro se non che la terra inalterabilmente sussiste nonostante le continue successioni incalzantisi l' una l' altra degli uomini; e infatti le citate parole sono precedute e legate con le seguenti e con esse formano senso: *Generatio præterit*, *generatio advenit*, *terra autem in æternum stat.* Dal che si vede che la Scrittura Divina non ci dice parola che contraria sia al sistema copernicano. E ciò è tanto vero che si potrebbe provare la verità del moto della terra ancora con frasi scritturali; ciò che d' altronde sarebbe indizio di gusto depravato nelle scienze, siccome era quello degli Scolastici che con tali prove il combattevano, dovendosi ricorrere a quel libro divino non per apprendervi verità naturali, ma quanto importa credere e fare per piacere a Dio. Per esempio, perchè Dio impose il nome di *firmamento* alla volta stellatá del cielo (Gen. 1.), se essa secondo il sistema dei sensi è tutt' altro che ferma ed in rapidissimo moto rotatorio? Se la terra è immobile, che cosa vorreste intendere per li cardini dell' orbe della terra pei quali più volte si encomia la divina Sapienza nei sacri Libri? E come spiegare il seguente detto di Giobbe: *Deus commovet terram de loco suo* (Job. 9. 6.), del quale un dotto interprete dice: *Nullus datur Scripturæ sacræ locus qui tam aperte dicat terram non moveri, quam hic moveri dicit?*

387. Relativamente all' ultima delle notate obbiezioni mi limito a fare i tre seguenti riflessi dai quali il saggio Lettore potrà dedurre il nessun peso della medesima.

L' osservazione insegnò che i pianeti sono corpi che non differiscono dalla terra che nell' essere più o meno grandi e più o meno distanti dal sole, ma che pel rimanente le somigliano in tutto e per tutto. Al pari della terra sono sferici e per conseguenza forniti della forza di gravità, ricevono la loro luce dal sole, godono della successione dei giorni e delle notti e di quella delle stagioni, hanno una superficie disseminata di montagne e di valli e circondati sono di una atmosfera. L' analogia ci conduce dunque a riguardarli non quali astri destinati ad abbellire le nostre notti serene e a

scrivere nella volta celeste i destini degli uomini colla varietà di loro posizioni, stolta credenza dei secoli anteriori alla diffusione dell' astronomia copernicana nei quali l' astrologia si reputava una scienza e le si prestava fede; bensì come altrettante terre abitate da esseri viventi. Il Creatore che diffuse con tanta abbondanza la vita sulla terra, ove quasi non si rinviene un punto che non abbia il suo abitatore, è incredibile che acconsenta che la morte regni in tutti i suddetti pianeti. Non si abbreviò la Mano Divina creando l' uomo e gli animali che gli fanno corona, e poichè fornì i pianeti di quanto può rendere bella la vita, Egli come infinitamente Saggio ve l' avrà pure eccitata, e una inconcepibile varietà e innumerabile quantità di esseri viventi vi goderanno delle sue beneficenze ed encomieranno la sua Bontà. Non li vediamo è vero questi celicoli, nè abbiamo con essi veruna relazione, ma ciò è una necessaria conseguenza della grande distanza che da noi li separa. Il non discernere gli abitatori di una città non fece mai credere a chi la scorge da una vetta lontana che dessa non ne abbia. E la stessa analogia che ci persuade che si trovano abitanti ovunque vediamo, guardando dalla cima di un monte, paesi o città, ci persuade pure che i varj pianeti aventi una fisica costituzione eguale a quella che ha la terra abbiano i loro proprj abitanti. A chi poi obbiettasse che i Sacri Libri non ne fecero mai cenno, ricorderò che Dio non volle rivelarci che le sole verità che importano per la eterna salute. Inoltre non gli si potrebbe dire che la Scrittura intenda di questi celicoli quando, ciò che fa tante volte, invita gli astri a lodare Dio? Ciò che non ha vita non vi loda, o Signore. Ma se abitati sono i pianeti dipendenti dal sole, lo saranno egualmente quelli dai quali, secondo la medesima analogia, è corteggiata qualsivoglia stella. Ma ammettendo questa idea cotanto conforme alla ragione ed alla infinita Potenza di Dio, l' uomo rimane bensì il primario oggetto in cui natura possa compiacersi qui sulla terra, ma decade da quel primato che accecato dal meschino stato dell' astronomia dei secoli passati e dall' amor proprio si arrogava sopra tutti gli esseri corporei dell' universo. Infatti come giudicare dell' eccellenza del genere umano comparativamente all' eccellenza delle razze degli esseri intelligenti che popolano gli altri pianeti del nostro solare sistema e quelli innumerevoli degli altri mondi? Chi sa con quali

graduazioni la Mente Divina abbia scompartito le perfezioni fra tutte queste innumerevoli razze? Chi sa quale sia l' anello costituito dal genere umano in questa immensa catena?

388. La nobiltà dell' uomo è massima nell' ordine della divina Grazia. Ma può forse apparir vile agli occhi di Dio una sua creatura per ciò solo che fu dal suo volere collocata in una abitazione in moto? E questo moto può forse ostare che noi ci arricchiamo delle divine misericordie o che corrispondiamo alle medesime tanto quanto faremmo se abitassimo un astro immobile?

389. La nobiltà umana è pur grande nell' ordine della natura, non per la struttura del corpo la quale se ha alcuni vantaggi sopra quella degli animali tra i quali viviamo, ha pure molti svantaggi, ma per la capacità della mente. Ma quale altra idea maggiormente nobilita e divinizza la mente umana di quella del sistema solare regolato dalla newtoniana gravitazione e dalle eterne leggi del moto? Quale altra più di quella che desta nell' astronomo l' aspetto del cielo stellato? È infinito il numero delle stelle, è immensa la loro grandezza. L' inconcepibile loro distanza, se le rappresenta quai semplici punti luminosi, assicura però che desse sono altrettanti vastissimi soli. Ognuna è il centro e la base di un mondo, e una turba di pianeti le si avvolge intorno per ricevere da essa luce e calorico. Quale e quanta diversità di esseri viventi nei diversi pianeti di un mondo? quale e quanta nei pianeti dei diversi mondi? Quanti milioni di esseri riconoscenti cantano continuamente in ognuno di questi innumerevoli astri inni di benedizioni e di lodi alla Grandezza di Dio, che chiamò tutto dal nulla, che tutto conserva e regge, che può tutto distruggere e riprodurre, che può creare nuovi innumerevoli mondi, e che nonostante si degna accogliere persino gli umili voti dell' uomo!

Verità del moto diurno della terra.

Quanto sono deboli le ragioni con cui la decrepita scuola peripatetica si opponeva ai propagatori delle copernicane dottrine alla testa dei quali militava il divin Galilei, altrettanto forti e ineluttabili sono quelle con cui si può dimostrare la verità delle dottrine medesime. Di tali ragioni quelle che esporre potevansi in questo libro o in quello dei Principj di

Meccanica sono già state esposte, e però qui non voglio che richiamare alla memoria del giovane Lettore alcune di quelle che dimostrano la verità 1.° del moto diurno, 2.° del moto annuo della terra.

390. La lunghezza dei pendoli a secondi e la intensione della forza della terrestre gravità variano al variare delle latitudini, sono minime sotto l' equatore, crescono insieme colla latitudine e divengono massime sotto i poli. A questi fatti che costantemente si osservano collegasi quello della figura della terra, la quale è rialzata all' equatore e depressa ai poli (100 .... 105). Questi fatti che sarebbero misteri inesplicabili se la terra mancasse di moto rotatorio, che non sono che semplicissime conseguenze del moto medesimo, e che in quantità si mantengono inalterabilmente ed esattamente tali e quali il moto diurno li deve produrre, sono una esatta ed innegabile dimostrazione del moto medesimo (Princ. Mecc. §. 47.).

391. Il deviamento orientale dei gravi che cadono liberamente dall' alto, del quale abbiamo discorso nel § citato dei Principj (463, 464), è pure una sperimentale e chiara dimostrazione del moto diurno della terra.

392. L' osservazione insegna che ancora gli altri corpi costituenti il sistema solare hanno un moto rotatorio e questo diretto parimente da occidente in oriente come deve essere quello della terra (134, 163, 173). Dunque la terra priva di un tale moto formerebbe una eccezione nel sistema solare.

393. Lo schiacciamento ai poli e il rialzamento all' equatore che manifestano in una maniera così evidente il moto rotatorio non sono proprj del globo terrestre, ma spettano egualmente ancora agli altri pianeti (136). Ma l' osservazione discerne nei pianeti non solo i detti effetti, ma ancora la causa dei medesimi, la rotazione. Lo schiacciamento ai poli e il rialzamento all' equatore nella terra, se essa mancasse di moto rotatorio, sarebbero effetti senza causa.

394. Si apprese per mezzo dell' osservazione quanto siano distanti dalla terra e quanto siano grandi corpi il sole ed i pianeti (130, 131). Si apprese parimente essere infinito il numero delle stelle, immensa la distanza e inconcepibile la vastità (89, 357, 362). Se la terra mancasse di moto rotatorio, tutti questi astri descriverebbero ogni giorno intorno alla terra l' intiera circonferenza di un circolo avente

per raggio la propria distanza dalla terra medesima. Ricerchi chi vuole col calcolo lo spazio che ognuno dei pianeti ed il sole percorrere dovrebbero ogni minuto secondo, e se gli pare convenevole cosa faccia percorrere alla vastissima mole del sole e a quella dei varj pianeti più milioni di miglia ogni minuto secondo per liberare la terra, che a paragone dei nominati astri è un nulla, dalla velocità rotatoria di una quinta parte di miglio. Attribuisca poi alle stelle la distanza che gli pare, purchè sempre grandissima, poichè, anche prescindendo da quanto intorno la loro distanza si deduce dall' essere desse prive della parallasse annua, è fuori di dubbio che tale distanza è moltissime migliaja di volte maggiore di quella dei pianeti (364), e quindi calcoli quante centinaja di milioni di miglia ogni stella percorrere dovrebbe in ogni minuto secondo per esentare la terra di volgersi una volta al giorno intorno sè stessa. Attribuendo alle stelle la minima delle distanze che loro gli astronomi assegnano (362) ritrovasi che lo spazio di cui ciascuna procedere dovrebbe in ogni minuto secondo sarebbe un seicentoquaranta milioni di miglia. Calcoli quindi di quale forza centrifuga sarebbero forniti il sole ed i pianeti e di quanta le stelle, e però quale o quanta forza centripeta dovrebbe dalla terra emanare. Dalla terra emana la forza di gravità: ma questa è un zero a fronte di quella si richiederebbe non che per vincere la forza centrifuga di cui sarebbe fornito il sole, ma nè meno quella di cui sarebbe fornita la luna se la terra fosse immobile. Inoltre la forza di gravità diminuisce rapidamente nella sua intensione al crescere della distanza dal centro terrestre (V. Mecc. n. 382), mentre tutto all' opposto dovrebbe infinitamente aumentare al crescere della distanza. Nè si creda che si possano dare moti curvilinei senza che non se ne ingeneri una corrispondente forza centrifuga, ciò sarebbe una troppo grande contraddizione alle più evidenti e sperimentate leggi naturali. Ma se bisogna ammettere questa forza centrifuga, bisogna ammettere ancora una forza centripeta diretta verso il centro dei moti, eguale ed opposta alla centrifuga. Ma ammesso che la terra sia il foco di questa forza, si rifletta che se la terra attrae un astro, per legge naturale essa pure è attratta egualmente dall' astro e che ambidue o devono venire a cadere l' uno sull' altro o pure devono girare intorno al proprio centro di gravità e opporre la forza centrifuga

alla mutua forza attrattiva. Ma in simile caso è pur legge naturale che le curve che i due corpi descrivono siano inversamente come la propria massa o pure, il che significa quasi lo stesso, che il corpo minore circoli intorno al maggiore. Dopo ciò cerchi di concordare insieme se può la piccolezza della terra, piccolezza infinita se la confronta alla immensità degli astri, con la sua immobilità e con le immense curve che vuole far percorrere quotidianamente a tutti gli astri medesimi. Per eludere questa difficoltà credo che non siavi altro scampo che quello d' incaricare le angeliche intelligenze di combattere continuamente e di equilibrare la forza centrifuga degli astri.

395. Facciasi finalmente un riflesso ancora alla grande complicazione che aver dovrebbero i moti dei corpi celesti se la terra fosse realmente immobile. Tutti gli astri costituenti il sistema solare oltre il moto giornaliero di descrivere una immensa circonferenza circolare intorno al globo terrestre dovrebbero eziandio senza veruna tregua perseverare nel loro moto annuo con le velocità che l' osservazione in essi conobbe e seguendo tutte le leggi che abbiamo esposte relativamente al loro moto di rivoluzione come se il predetto moto giornaliero non sussistesse. Le stelle eziandio si dovrebbero aggravare di altri notabilissimi moti atti a produrre le stesse apparenze che la precessione degli equinozj, la nutazione dell' asse terrestre e l' aberrazione cagionano. Per produrre queste apparenze, atteso l' immensa distanza delle stelle, immensi dovrebbero essere i tratti che qualsivoglia stella percorrere dovrebbe. Come si potrebbe poi rendere ragione del perchè aver dovrebbero in questi moti velocità sempre differenti corrispondentemente alle varie longitudini dei nodi dell' orbita lunare o alla varia latitudine dell' astro? Come spiegare inoltre che le velocità delle singole stelle siano in tutti questi moti in maniera proporzionali alle rispettive distanze dalla terra che le loro posizioni relative non si possano mai alterare? Ricorrendo alle celesti intelligenze si vincerà ancora questa difficoltà.

Più altre ragioni addurre si potrebbero in difesa del moto diurno della terra; ma sarebbe inutile fatica, poichè chi sa valutare le addotte ne è di già pienamente e irremovibilmente persuaso, chi poi per ignoranza o per ostinazione non sa o non vuole intenderle, non saprebbe o non vorrebbe intendere nè pure quant' altre si adducessero.

396. Per prima prova della verità dell' annuo moto della terra pregherò il Lettore a risovvenirsi di quanto l' osservazione insegnò intorno la distanza dal sole, la grandezza, la figura, la fisica costituzione e i moti dei pianeti. Mercurio e venere sono più presso al sole, tutti gli altri più lontano che non la terra. La grandezza di questa supera quella di mercurio, di marte e dei quattro pianeti minori, è quasi eguale a quella di venere, ed è di gran lunga superata da quella dei tre più distanti pianeti. Nella figura e nella fisica costituzione la terra dai pianeti non differisce. Tutti i fenomeni celesti poi sono esattamente quali essere dovrebbero se la terra fosse un pianeta dotato dei medesimi moti che osserviamo nei pianeti. Se poi la terra fosse immobile, nessuno dei detti fenomeni potrebbe avere una spiegazione semplice e fondata sopra le eterne leggi della meccanica ed il cielo non presenterebbe che confusione e disordine. Tutto ciò seriamente ponderato, come un' anima che sente la forza dell' analogia, che ama l' ordine, brama conoscere la costituzione e le cause delle cose e che ha stima della Mente creatrice può credere la terra immobile?

397. Keplero conobbe che i quadrati dei tempi periodici dei pianeti sono come i cubi delle rispettive distanze dal sole. Prova, o Lettore, giacchè conosci e distanze e tempi periodici a cercare col calcolo che la citata legge ti suggerisce quanta dovrebbe essere la durata d' una rivoluzione siderale della terra corrispondentemente alla di lei conosciuta distanza dal sole. Se fisso sei in tua mente di non ammettere il moto della terra, non fare un tale computo, poichè tuo malgrado ritroveresti che la terra deve impiegare esattamente un anno siderale, cioè giorni 365, 256 in compiere una sua rivoluzione. Tu stesso confessi, siccome ogni uomo che ha occhi, che o il sole o la terra in detto tempo descrive la circonferenza dell' eclittica. Se esenti la terra dal moto, benchè in tutto e per tutto la vedi fatta come i pianeti, come puoi concordare insieme che i tempi periodici dei pianeti abbiano la notata ragione colle loro distanze dal sole, e che contemporaneamente anche il sole, quantunque tanto differente dai

pianeti e benchè sia il centro di tutti i loro moti debba seguire la stessa legge nel girare intorno alla terra ?

398. Keplero conobbe pure che i raggi vettori dei pianeti descrivono aree proporzionali ai tempi intorno al sole, e che il sole siede in un foco comune a tutte le orbite elittiche dei pianeti. Segue da queste leggi essere il sole il foco della forza centripeta che ritiene i pianeti nelle rispettive orbite e che dessa opera con intensioni che sono inversamente come i quadrati delle distanze (138 ... 141). Questa è la forza che chiamasi gravitazione universale di cui abbiamo dimostrato la realtà e la maniera di operare (273 *e seguenti*). A noi che non possiamo accorgerci del moto della terra pare che il sole descriva intorno a questa ogni anno un' immensa orbita seguendo tutte le citate leggi Kepleriane. Dunque se la terra è priva del moto annuo, mentre tutti i pianeti descrivono aree proporzionali ai tempi intorno al sole, questo descriverebbe aree proporzionali ai tempi intorno alla terra; mentre tutti i pianeti descrivono orbite elittiche intorno al sole, questo descriverebbe una elisse intorno la terra; mentre il centro dei moti di tutti i pianeti è il sole, la terra sarebbe il centro dei moti solari; mentre dal sole emana una forza centripeta che segue nel suo operare la ragione inversa dei quadrati delle distanze e che è atta a ritenere tutti i pianeti nelle rispettive orbite, dalla terra emanerebbe una forza centripeta soggetta alla stessa legge neutoniana che riterrebbe il sole nella sua orbita; e il sole corteggiato da tutti i pianeti non sarebbe che un satellite della terra. Attribuendo, siccome è in realtà, l' apparente moto solare alla terra, tutte queste deformità spariscono, allora tutto il sistema solare è regolato dalla sola gravitazione universale ed assume tutta quella semplicità ed evidenza di costituzione che caratterizzano le opere della natura.

399. Per accertarci che realmente non emana dalla terra la suddetta forza capace di far descrivere al sole l' eclittica basta riflettere che se emanasse ancora i pianeti la sentirebbero e specialmente mercurio, venere e marte che tanto si appressano alla terra nella inferiore congiunzione i primi e nella opposizione l' ultimo, e questi pianeti per causa di essa forza non potrebbero intorno al sole, bensì dovrebbero rivolgersi intorno alla terra. Ma nulla succede di tutto ciò: dun-

que una tale forza non sussiste, e il moto annuo nel sole non è reale ma apparente.

400. Ma la forza centripeta che infrena i pianeti distruggendone costantemente la forza centrifuga, che si dirige sempre verso il sole centro dei loro moti e che quantunque soggetta a diminuire in intensione a proporzione che aumentono i quadrati delle distanze è ancora capace di ritenere nelle proprie orbite i massimi pianeti giove, saturno ed il lontanissimo urano, come non opererà sul globo terrestre? E mentre tutti i pianeti devono alla detta forza attrattiva opporre la forza centrifuga in loro originata dalla velocità tangenziale con cui procedono nelle loro orbite, la sola terra benchè tra i medesimi situata non la sentirà o non le opporrà la medesima forza centrifuga? Con quale scudo o malia se ne difenderà mentre è contenuta nella sfera di attività e poco lungi dal centro della medesima? Ma il Lettore si risovverrà quanto la detta forza opera sulla luna la quale dall' essere così strettamente avvincolata colla terra si può riguardare quasi come una parte della medesima (292 ... 311), e ciò gli proverà che opera ancora sulla terra. Rimarrà poi accertato di ciò in vedere la luna discostarsi tanto dalla terra nel plenilunio quanto nel novilunio, cosa che non potrebbe succedere se il sole non attraesse ancora la terra colla stessa forza con cui attrae la luna (294). Nei fenomeni finalmente del flusso e riflusso del mare, per prescindere da quei della precessione degli equinozj, che forse vorrà attribuire a qualche occulta cagione, anzichè riconoscerli quali semplici ed evidentissimi effetti della medesima gravitazione universale, non si ha una dimostrazione quotidiana di una vera e reale attrazione che il sole esercita sulla terra? Ma se il sole attrae la terra, questa è dotata del moto annuo. Infatti secondo quanto abbiamo dimostrato (Mecc. 583 *e seguenti*) se il sole attrae la terra, ancora la terra attrae il sole e la reazione di questa deve essere eguale ed opposta all' azione di quello. Questi due corpi adunque o dovranno con eguali ed opposte quantità di moto portarsi verso il comune centro di gravità, ciò che certamente non succede, o pure descrivere intorno al centro medesimo in egual tempo orbite simili ma aventi grandezze che siano inversamente proporziali alle rispettive masse. Il globo solare è un milione e quattrocento mila volte maggiore del globo terrestre, e questo è un fatto

che non si può non ammettere poichè non dipende da alcun particolare sistema di spiegazione. A così grande volume quale immensa quantità di materia non deve corrispondere? Chi conosce le leggi del moto e ammette la gravitazione newtoniana, della quale nulla avvi in fisica di più dimostrato e sicuro, sa che la massa solare è 337086 volte maggiore della massa terrestre (285 *e seguenti*). Il centro di gravità dei due corpi terra e sole è dunque vicinissimo al centro solare, e l' orbita che descrive la terra intorno al centro medesimo è 337086 volte maggiore di quella descrive contemporaneamente il sole. Ma questo è appunto quel moto annuo di cui diciamo essere fornita la terra.

401. Qui nulla soggiungerò in dimostrazione della gravitazione universale. Si potrà, volendo, riosservare quanto ho citato qui sopra nel §. della Gravitazione medesima (273 ... 284). Si potrà pure richiamare in memoria come ognuno dei varj fenomeni di cui ho trattato dal numero 292 sino al 336 dimostrano in una maniera evidentissima la verità della stessa gravitazione. Ma se è evidente e certa la gravitazione ed essa non può stare senza i moti diurni ed annui della terra, bisogna concludere essere egualmente evidenti e certi ancora i detti moti.

402. Quale prova poi non abbiamo dell' annuo moto della terra nel fenomeno della aberrazione delle stelle? Richiamiamocelo in memoria in tutta la sua entità, e poi dubitiamo se ancora ci è possibile che la terra non sia un pianeta. L' esatto e preciso accordo delle estensioni di un tale fenomeno considerato in un qualsivoglia astro e i risultamenti del calcolo fondato sui moti d' altronde evidenti della luce e della terra potrebbe servire ancora da sè solo d' ineluttabile prova dei moti medesimi (355 *e seguenti*). Concludiamo pure che tutti quanti i fenomeni celesti, tutte le astronomiche scoperte, tutte le analogie e tutte le leggi evidentissime di Meccanica si accordano nel dimostrarci essere assolutamente falso, non solo ma ancora assurdo che la terra sia in quiete nel centro dell' universo, e che non solo è probabile ma evidente e certissima la proposizione opposta, che *la terra è un pianeta dotato al pari degli altri del moto diurno e del moto annuo.*

403. Trasportiamoci ora col pensiero alla superficie del sole e di là contempliamo la terra. Questa che qui ci appare mole grande così da crederla centro e scopo di tutti i moti

celesti, veduta di là quanto è piccola cosa, come confondesi nella turba dei pianeti! Se è accompagnata da un satellite, ecco giove che lo è da quattro, saturno da sette e urano da sei. Sono adunque molto da più della terra: pure non sono in quiete, ma si rivolgono intorno sè stessi e circolano intorno al sole. La direzione della terra è quella medesima di tutti gli altri pianeti, da occidente in oriente: la sua velocità è quella che corrisponde alla sua distanza dal sole conformemente alle leggi generali che regolano i moti di tutti gli altri pianeti (139 e 140). La sua orbita è ellittica siccome lo è quella d'ogni altro pianeta; le aree che intorno al sole descrive sono proporzionali ai tempi siccome lo sono quelle dei pianeti, e la durata di una sua rivoluzione siderale dipende dalla legge stessa che determinò quella di qualsivoglia altro pianeta. Non si fece a favore della terra eccezione veruna alla regola generale secondo cui il sistema solare è costituito, che i corpi minori circolino intorno ai maggiori, ed essa pure vi è subordinata. Non era la natura, era la prevenzione degli uomini che la eccettuava dai moti a cui sono soggetti i pianeti.

404 La terra con questi moti come per noi che la abitiamo chiarisce il cielo! come lo ordina in una macchina egualmente sorprendente per la sua semplicità che per la sua grandezza! Non più confusione, non più fenomeni inesplicabili e contrarj alla ragione e alle eterne leggi del moto! Le stazioni, le retrogradazioni e le fasi dei pianeti devono necessariamente ed esattamente succedere quali succedono. Il filosofo non ha più bisogno di struggersi nell' indagare come far ragione degli immensi e complicatissimi moti che costretto dalle apparenze doveva ammettere in tutti gli astri del sistema solare e in tutte le stelle quantunque infinite in numero, sterminate in grandezza e poste in una immensa distanza. Semplicissimi divengono i moti di tutti gli astri del sistema solare, siccome quelli che dipendono dalla sola ed identica gravitazione universale; e le stelle si godono un perfetto riposo. Quanto confuso ed inintelligibile era il cielo tolemaico o ticonico, altrettanto chiaro ed ordinato è il cielo copernicano. Quello era il parto dell' ignoranza e dell' amor proprio: questo è fattura della Mano di Dio.

Utilità dell' Astronomia.

Ho esaurito per quanto intendeva il propostomi tema che era una breve esposizione dei principali fenomeni celesti; ed ecco terminato il libro. Dio voglia che riesca di qualche vantaggio al Giovane Lettore pel quale lo scrissi! E qui in sul licenziarmi dallo stesso non sarà forse affatto inutile l' accennargli come rispondere a chi gli facesse, forse insidiosamente, la seguente dimanda: L' Astronomia è dessa vantaggiosa? Sì, gli devi soggiungere, e lo è moltissimo. Potrei suggerirti molti argomenti in conferma di questa verità, ma voglio limitarmi a quei pochi che tu stesso, quantunque letto non abbi di Astronomia che questo libro, puoi svolgere quanto è d' uopo per chiudere la bocca a chi volesse ritrarti da questi nobilissimi studj.

405. La principale sorgente della prosperità e civilizzazione degli Stati sta nel commercio. Ma i due cardini fondamentali del commercio sono la Geografia e la Navigazione, ognuna delle quali ha un continuo e strettissimo bisogno dell' Astronomia. Quale ingrandimento infatti poteva ella acquistare e quale esattezza la Geografia senza le fatiche degli astronomi, se non si possono se non con le celesti osservazioni determinare la latitudine e la longitudine di un dato luogo e per conseguenza la sua posizione relativa a quella di un altro dato luogo qualunque e la sua distanza dal medesimo? Se presentemente si conoscono con sicurezza e precisione la situazione relativa e la distanza delle città, dei porti, delle isole e per fino delle baje, delle secche, degli scogli e di tutti gli altri luoghi ove si fecero osservazioni astronomiche, di tutto ciò dobbiamo sapere buon grado unicamente all' Astronomia. Gli astri poi sono la guida del nocchiero. Lascia egli coraggioso i lidi e si abbandona senza palpitare alla discrezione dei venti, perchè sa che non può smarrirsi chi tien fisso lo sguardo al cielo. Appena un ristretto cabotaggio può sussistere senza i continui sussidj dell' Astronomia, ma non mai una estesa navigazione quale richiedesi per commerciare colle Indie Orientali e Occidentali e colle mille isole sparse nella vastità dei mari.

406. Chi non ammira un Cristoforo Colombo? Ma fu l'Astronomia che lo guidò per mano alla scoperta di un nuovo Mondo, insegnandogli che la terra è sferica e che veleggiando verso occidente dovevansi finalmente incontrare le spiagge orientali delle Indie.

407. Quale più stolta e irreligiosa credenza dell'Astrologia? E che danni non apportava ai popoli che vi prestavano fede? Se ora siamo liberi da un tale obbrobrio, ringraziamone l'Astronomia che giunse a sradicarla intieramente, mostrandone tutta la fallacia e l'impostura.

408. L'Astronomia insegnò pure a riguardare col piacere con cui si assiste ad un vago e straordinario spettacolo a qualsivoglia dei celesti fenomeni che in altri tempi faceva nelle vene agghiacciare il sangue pel timore d'imminenti catastrofi. Ora contempliamo con diletto gli eclissi e più bella ci appare la plaga del cielo ove avvengono quelle stesse congiunzioni di pianeti le quali pochi secoli sono si credeva non potessero succedere senza il totale sterminio dell'universo. Le comete stesse ci rallegrano, e quanto più vasta e luminosa hanno la chioma o la coda, un maggior numero di ore ci trattengono nel vagheggiarle.

409. Collo studio dell'Astronomia quanto l'uomo ingrandisce e nobilita sè stesso! Mentre ammira la sublime costituzione del sistema solare e regola co' suoi calcoli i moti degli astri che lo compongono e spazia nella infinita moltitudine dei mondi, la sua mente come non diviene superiore a tutte le cose terrene e il suo pensiero quale specie d'immensità e di divino entusiasmo non acquista!

410. Se l'uomo deve giudicarsi tanto più beato quanto più addentro sa penetrare nella cognizione di Dio, quale scienza naturale può giudicarsi più utile dell'Astronomia la quale a preferenza di ogni altra accresce tanto mirabilmente le nostre idee intorno l'Essere Supremo?

Giovane Lettore, fa di participare a tanta beatitudine.

APPENDICE
INTORNO
IL CALENDARIO

DI

D. VINCENZO BONICELLI

BERGAMO
DALLA STAMPERIA DI LUIGI SONZOGNI
1834.

Dixit Deus: Fiant luminaria in firmamento coeli, et dividant diem, ac noctem, et sint in signa et tempora, et dies et annos.

Gen. I. 14.

INTRODUZIONE.

1. Dal nome di *Calende*, che i Latini davano al primo giorno dei mesi, derivò quello di *Calendario*, il quale presentemente significa *una sistematica scompartizione del tempo accomodata agli usi della vita.*

2. Dall' antico verbo *calare* che corrisponde al nostro *chiamare* o *convocare*, vennero detti calende i primi giorni dei mesi perchè in essi giorni negli antichi tempi di Roma si convocava il popolo onde intimargli le feste e gli altri riti di religione, che si celebrerebbero nei diversi giorni del mese già cominciato.

3. Il tempo si suole scompartire in periodi di differenti durate e generalmente multiplici gli uni degli altri, quali sono i secoli, gli anni, i mesi, le settimane, i giorni, le ore, i minuti, i secondi, e molti altri, che varie cause più o meno ragionevoli introdussero nel calendario.

4. Alcuni di questi periodi hanno una strettissima dipendenza dai moti celesti. L' anno è uno di questi.

Poichè all' anno si vuole dai moderni popoli e si volle parimente dagli antichi attribuire una durata eguale a quella di una perfetta rivoluzione delle quattro stagioni dalle quali è desso naturalmente costituito; perciò l' anno civile deve essere uguale alla durata di quella ri-

voluzione celeste da cui le stagioni dipendono. Ma queste dipendono unicamente dalla rivoluzione tropica del sole: dunque l' anno civile deve essere uguale in durata all' anno tropico. Ottenuta tale uguaglianza, un determinato mese dell' anno civile riconduce sempre quella data stagione, ed in un determinato giorno il sole percorre sempre quel dato grado dell' eclittica. Ma se all' anno civile si attribuisce una durata differente da quella dell' anno tropico, in ognuno de' successivi anni civili le stagioni anticipano o posticipano di una quantità uguale a tale differenza: anticipano se l' anno civile è più lungo, posticipano se più breve dell' anno tropico. La durata di questo è 365 giorni, 5 ore, 48' e 51", 6 = giorni 365, 242264. (Vedi Principj di Astronomia n. 64.)

5. Il costume di numerare il tempo ancora per mesi derivò dalle rivoluzioni della luna, astro che tanto abbellisce le nostre notti e tanto attrae i nostri sguardi colla varietà delle sue fasi. Il nome di mese originariamente non altro significava che la *durata di una lunazione o rivoluzione sinodica* della luna, la qual durata (Astr. 76) è di 29 giorni, 12 ore, 44' e 3" = giorni 29, 530588.

6. Sembrerebbe che ancora il costume di numerare i giorni per settimane sia derivato dalla distanza che s' interpone di circa sette giorni tra una fase lunare e la fase successiva. Ma tale periodo asconde la sua origine nella più alta antichità, se lo rinviene nei calendarj di quasi tutti i popoli e specialmente orientali, e scorre in modo che un dato giorno è per tutta la terra l' identico della settimana. Gli si deve quindi attribuire una derivazione più sublime e riguardarlo come un monumento della comune ed unica procedenza di tutto il genere umano da uno stipite solo.

7. Il giorno è l' intervallo di tempo che scorre tra due successivi passaggi del sole pel meridiano. Il punto di mezzodì segna il principio del giorno per gli astronomi, il punto di mezzanotte lo segna per la vita civile. Non tutti i giorni hanno durate esattamente uguali (Astr. 58). La differente velocità con cui la terra percorre la sua orbita e la obbliquità dell' eclittica all' equatore producono questa disugualianza la quale tuttavia non interessa quasi altri che l' astronomo (Astr. 190, 191).

8. I moderni dividono il giorno in 24 ore tutte tra loro eguali. Gli astronomi le numerano principiando dall' un mezzodì e continuando sino al sussseguente senza mai interrompere la serie dei numeri naturali dall' 1 al 24. Invece però di quest' ultimo numero, per esprimere il punto del mezzodì, usano lo zero, carattere che meglio rappresenta essere il detto punto il limite tra il giorno che termina e quello che principia. Nella vita civile si sogliono generalmente dividere le 24 ore in due dozzine; la prima contiene quelle che scorrono tra il punto di mezzanotte e quello di mezzodì e che diconsi *antimeridiane*, e l' altra le rimanenti che appellansi *pomeridiane*.

9. Questo discorso che può servire di appendice a' miei Principj di Astronomia, è destinato ad esporre al mio giovine Lettore la storia e la costituzione dell' attuale nostro calendario. L' argomento non deve sembrare vile a chicchessia: niuno degli astronomi lo credette tale, poichè ognuno se ne occupò, e la storia del calendario fa parte di quella dell' Astronomia, e la teorica del medesimo è il frutto delle perseveranti fatiche degli astronomi. Chi è versato nella storia e nella cronologia sa quanto siano interessanti tutte le cognizioni relative ai calendarj. Gli Ecclesiastici poi in modo speciale le apprez-

zano, perchè con esse apprendono la maniera con cui regolare secondo i sacri Canoni le primarie solennità della Religione, argomento che sempre si giudicò d' un' altissima importanza dai Padri della Chiesa.

Del Calendario di Romolo.

10. Il calendario nostro derivò dai Romani. Ma nel suo principio era molto lontano dall' attuale sua perfezione. Ecco qual era. Romolo fra le altre instituzioni legali volle dare ai Romani un calendario. Divise quindi il tempo in anni e mesi, e decretò quale numero di giorni dovessero avere gli uni e gli altri. Lusingavasi che il suo calendario potesse concordarsi colle stagioni, ma un calendario tale è frutto di lunghi e pacifici studj, e Roma a quei giorni non si occupava che d' armi. I giorni che attribuì all' anno furono 304. Dunque nessun accordo doveva sussistere tra quest' anno e le stagioni. Scompartì poi i detti giorni in dieci mesi. Al primo, che chiamò *Marzo* perchè a Marte il consacrò, diede giorni 31. Al secondo che dedicò a Venere ne diede 30 ed il nome di *Aprile*. Questo nome deriva forse da *aphros* = *schiuma* e allude a Venere nata dalla schiuma marina, o forse da *aperilis* e allude all' aprirsi della bella stagione. Dedicò il terzo mese ai maggiori e quindi lo chiamò *majus* = *maggio*, e gli diede giorni 31. Il 4.° fu sacrato alla gioventù e però detto *junius* = *giugno*, ed ebbe 30 giorni. Al 5.° diede giorni 31, al 6.° ed al 7.° 30, all' 8.° 31, al 9.° e al 10.° 30, e non li distinse che coi nomi numerali di *quintile*, *sestile*, *settembre*, *ottobre*, *novembre e dicembre*. La grande imperfezione dell' esposto calendario divenne subito palese, e si cercò rimediarvi con la interposizione di alcuni giorni

tra il termine di un anno e il principio del susseguente: ma ciò facevasi senza una certa norma e solamente a discrezione.

Del Calendario di Numa.

11. Numa aveva maggiori cognizioni astronomiche di Romolo. Forse aveva frequentata la Scuola Pittagorica allora fiorente nella Magna Grecia: certamente poi aveva cognizione del calendario, che allora usavano i Greci. Divenuto Re volle quindi dare al Popolo Romano un miglior calendario. Quello dei Greci gli servì di norma. L'anno di questi era formato dalla durata di 12 lunazioni, cioè di 354 giorni, i quali si scompartivano in 12 mesi alternativamente gli uni di 30 e gli altri di 29 giorni. È appunto tale quello che tuttora chiamasi *anno lunare*. Ma i Greci conoscendo che la durata dell' anno tropico supera i 365 giorni e che attribuendo all' anno civile i soli 354 costituenti l' anno lunare, le stagioni non potevano avere una stabile sede nel loro calendario, ma che anzi dovevano ogni anno posticipare di 11 giorni; riparavano a questo con l' intercalare in certe epoche determinate, come per esempio in quella in cui celebravansi i giuochi olimpici, quel numero di giorni che credevano necessario per rimettere i loro mesi in armonia colle stagioni. Queste intercalazioni facevano che se ad un anno civile si attribuivano soli 354 giorni, al susseguente ne venissero attribuiti 376, o pure che se a due consecutivi anni si davano soli 354 giorni, al terzo se ne dessero 387 o finalmente che se a tre consecutivi anni si davano soli 354 giorni, se ne dessero 399 all' anno 4.° Dicevansi *comuni* gli anni in cui non facevasi veruna intercalazio-

ne e che in conseguenza non constavano che di 354 giorni, e anni *embolismici* o *intercalari* quelli nei quali facevansi intercalazioni. Il calendario di Numa non fu molto dissimile da questo de' Greci, benchè più difettoso.

12. Prese per fondamento del suo calendario l' anno lunare; ma spinto da superstiziosa antipatia pei numeri pari, attribuì a quest' anno 355 giorni invece di 354 nei quali compionsi 12 lunazioni. L' ordine poi che prescrisse alle intercalazioni fu questo, che ogni secondo anno s' intercalassero 22 giorni ed ogni 4.° 23, e che quest' ordine non si alterasse mai. In questa maniera dava a 4 anni civili 1465 giorni, mentre 4 anni tropici non ne hanno che 1461. Le stagioni in conseguenza dovevano ciascun anno anticipare di un giorno. Questo errore si conobbe da Numa medesimo il quale negli ultimi suoi anni il corresse ordinando che all' ottavo anno l' intercalazione invece di 23 giorni fosse solamente di 15. Questa correzione rendeva otto anni di Numa sensibilmente uguali in durata a otto anni tropici.

13. Numa avendo in tal guisa aumentato l' anno civile comune di giorni 51, volle formarne due mesi da aggiungere ai dieci instituiti da Romolo. Ma per rendere i due novelli mesi sufficientemente lunghi ed eliminare più che poteva dal suo anno i numeri pari, rapì un giorno a ognuno dei sei mesi che nel calendario di Romolo ne avevano trenta, e così potè dare ad uno dei novelli mesi 29 giorni e 28 ancora all' altro. Dedicò a Giano il primo che in conseguenza chiamò *Gennarò*, ed il secondo, di cui la lunghezza era espressa da un numero per lui infausto perchè pari, dedicò alle infernali divinità e chiamò *Febbraro* da *Februus* = *Plutone*. Ordinò poi che questi due novelli mesi fossero i due primi dell' anno, e che il suo

calendario si attivasse col giorno del novilunio immediatamente successivo all' invernale solstizio. Ai mesi instituiti da Romolo non cambiò denominazione nè culto nè ordine di successione; e però quelli che avevano un nome numerale rimasero con un nome erroneo, con quello rispettivamente di quintile, sestile, settembre, ottobre, novembre e dicembre, mentre sono il settimo, l' ottavo, il nono, il decimo, l' undecimo ed il duodecimo dell' anno. Ordinò finalmente, non dirò per quale strana e superstiziosa liturgia, che quando occorreva fare la notata intercalazione, la si facesse tra il giorno 23 e il 24 febbraro. Ai giorni che s' intercalavano davasi il nome di mese *Markedonius*.

Il mandato di regolare annualmente questo calendario e d' invigilare che non si alterasse mai, venne dato ai sommi sacerdoti.

Come i Romani denominassero i giorni del mese.

Per completare la nozione dell' antico calendario dei Romani devo indicare ancora la barbara maniera con cui essi denominavano i varj giorni del mese.

14. I Romani davano il nome di *calende* al primo giorno di ciascun mese; davano quello di *none* al giorno settimo dei quattro mesi, marzo, maggio, quintile e ottobre che negli esposti calendarj di Romolo e di Numa avevano giorni 31, e al giorno 5.° di ognuno degli altri otto mesi; davano finalmente quello di *idi* al giorno 15.° dei nominati quattro mesi e al giorno 13.° degli altri otto. Quindi le espressioni: *calendis januarii*, *nonis martii*, *nonis aprilis*, *idibus maii*, *idibus junii*, ecc. significano rispettivamente i giorni 1.° gennaro, 7 marzo, 5 aprile, 15 maggio, 13 giugno, ecc.

15. Denominavano poi con aggiunti numerali relativi alle dette tre epoche tutti gli altri giorni del mese, ma non indicando con tali aggiunti, siccome è cosa ovvia e naturale, di quanto il giorno di cui trattasi sia posteriore ad una di quelle epoche, bensì di quanto le sia anteriore. Così i giorni 2, 3, 4, 5, 6 dei quattro mesi aventi le none al giorno 7.° dicevansi rispettivamente: *sexto nonas*, *quinto nonas*, *quarto nonas*, *tertio nonas*, *pridie nonas*; e i primi 2, 3, 4 degli altri otto mesi: *quarto nonas*, *tertio nonas*, *pridie nonas*.

16. Eguale era la maniera di denominare i giorni posti tra le none e gli idi. Le espressioni: *pridie idus*, *tertio idus*, *quarto idus*, ecc. nei quattro mesi aventi gli idi al 15 equivalevano rispettivamente al giorno 14, 13, 12, ecc. del mese, e negli altri otto mesi al giorno 12, 11, 10, ecc.

17. Era pure uguale la maniera di denominare i giorni che s' interpongono tra gli idi di un mese e le calende del mese susseguente. La denominazione di ciascuno di questi giorni doveva necessariamente indicare se era il terzo o il quarto o il 10.° o il 12.° o il 15.° anteriore alle dette calende. Così le espressioni: *pridie calendas martii*, *tertio calendas aprilis*, *quarto calendas maii*, *sexto calendas martii*, *decimo calendas novembris*, ecc. indicano rispettivamente i giorni ultimo di febbraro, penultimo di marzo, antipenultimo di aprile, 24 di febbraro, 23 di ottobre, ecc.

18. Poco si sa intorno al significato delle parole *idus* e *nonae*. Pare che la prima derivi da un antico verbo etrusco *iduo* che corrisponde al nostro *dividere*, e volevasi forse con essa indicare che nel giorno degli idi la lunazione è alla sua metà, siccome infatti lo era per quegli

antichi popoli pei quali facendo la luna le veci di calendario, il primo giorno del mese era quello nella sera del quale cominciavano a scorgere la novella luna falcata presso occidente dopo l' occaso del sole. La parola *nonae* non voleva forse indicare altro se non che il giorno che con essa chiamavano era il nono avanti gli idi.

Del Calendario di Giulio Cesare.

19. Quantunque il Calendario di Numa fosse nelle sue varie parti più superstizioso che ragionevole, non ostante una regola irragionevole veniva in maniera compensata da un' altra, che pare dovesse accordarsi, se non ogni anno, almeno ogni otto anni quasi esattamente con l'anno tropico. Pure, colpa di chi annualmente il regolava, al tempo di Giulio Cesare erasi talmente rotto un tale accordo, che l' equinozio autunnale, che secondo il regolamento di Numa doveva succedere in settembre, accadeva alla fine di dicembre.

20. Giulio Cesare Dittatore perpetuo di quella moribonda Repubblica e Pontefice sommo diede l' incarico di levare una sì grande bruttura dal calendario Romano a Sosigene Alessandrino reputatissimo astronomo di quei tempi. Questi persuase Cesare che non avrebbesi mai ottenuto un perfetto calendario fin che, abbandonato intieramente l' anno lunare ed ogni riguardo alla luna, non si avesse presa come unica base della costituzione di esso calendario la durata dell' anno tropico. Sosigene credeva che l' anno tropico fosse o esattamente di 365 giorni e un quarto o pure che fosse talmente piccolo l' eccesso di detta quantità sopra la sua vera durata, che qualora si attribuisse all' anno civile una tale durata, non dovesse mai

o solamente dopo lunghissimi secoli, cessare questo di camminare di pari passo con quello. Ecco dunque che Sosigene propone e Cesare decreta che si abbandoni intieramente l' anno lunare e che in avvenire si facciano gli anni civili di 365 giorni, ad eccezione di ogni quarto anno il quale deve averne 366.

21. Cesare non volle alterare l' ordine di successione nè il nome nè il culto ai mesi dell' antico calendario, nè la durata di febbraro nè quella dei quattro mesi, marzo, maggio, quintile e ottobre che avevano giorni 31; ma dei dieci giorni che aggiungeva all' antico anno civile due ne diede a gennaro, due a sestile e due a dicembre, che così divennero di 31 giorno, ed uno ne attribuì a ciascuno degli altri quattro, aprile, giugno, settembre e novembre i quali in conseguenza diventarono di 30 giorni. Col crescere i giorni ai mesi non si cambiò posto alle calende, alle none e agli idi, e in conseguenza la maniera di denominare i varj giorni dei mesi rimase quella medesima che era in uso sino dai primi tempi di Roma; e che ho esposta nel precedente paragrafo. Cessò in conseguenza di esservi una stretta dipendenza tra la lunghezza dei mesi e il posto delle none e degli idi, siccome eravi nell' antico calendario. E di poi le none e gli idi più avanzati di due giorni nei mesi di marzo, maggio, quintile e ottobre non indicano altro se non che questi quattro mesi sino dai primi anni di Roma si fecero più lunghi degli altri.

22. Dovendo ogni quarto anno avere un giorno più degli altri, Cesare ordinò che un tal giorno s' intercalasse all' epoca in cui solevasi intercalare il mese *markedonius* (13), cioè tra il settimo e il sesto avanti le calende di marzo o come noi diciamo tra il 23 e il 24 febbraro.

I Romani per questa intercalazione non vollero alterare punto la maniera ordinaria di denominare i giorni frapposti tra gli idi di febbraro e le calende di marzo. Restando in conseguenza questo giorno senza sua propria denominazione, gli si attribuì quella del giorno immediatamente successivo di *sexto kalendas martii*, e questa davasi tanto al detto giorno intercalare come al susseguente a cui realmente spettava. Dal ripetersi due volte in tale anno la denominazione di *sexto calendas martii* ne derivò l' epiteto che tuttora distingue l' anno intercalare degli anni comuni di *bis-sexto* o *bissestile*.

23. Regolata nella esposta maniera la durata degli anni e dei mesi civili, il Dittatore ad imitazione di Numa volle che il primo anno del suo calendario principiasse col giorno del novilunio immediatamente susseguente al solstizio jemale (13). Per aspettare questa epoca si dovettero intercalare circa 90 giorni tra l' ultimo di dicembre dell' anno 46.° avanti G. C. e il primo gennaro dell' anno susseguente, che fu il primo degli anni detti *Giuliani* dal regolamento che Giulio Cesare dato aveva al calendario.

24. Il detto novilunio occorreva quasi otto giorni dopo il solstizio; e però il primo anno giuliano cominciò circa otto giorni dopo il solstizio medesimo. Questa sconcia maniera di non cominciare gli anni civili col giorno solstiziale, che deve riguardarsi come il primo dell' anno naturale, sussiste tuttora nel nostro calendario, non meno della notata bizzarra durata dei varj mesi e dell' incomoda maniera d' intercalare tra il 23 e il 24 febbraro. Principiando l' anno col giorno solstiziale e facendo i mesi alternativamente uno di 31 e il susseguente di 30 giorni, eccetto l' ultimo che negli anni comuni ne avrebbe avuti soli 29 e 30 negli intercalari, o meglio ancora dando 31

giorno a ognuno dei sei mesi interposti tra l' equinozio di primavera e quello di autunno, e 30 agli altri, eccetto ancora dicembre che negli anni comuni non poteva averne più di 29 (Astr. 189); i principj degli anni civili avrebbero pur datato i principj degli anni tropici, come pure i principj dei singoli mesi datato avrebbero prossimamente nella prima maniera e quasi esattamente nella seconda l' ingresso del sole nei varj segni dello zodiaco, ingresso che devesi riguardare come il vero principio dei mesi, e il calendario avrebbe avuto maggiore semplicità e naturalezza e più vennstà perchè più conforme alla verità astronomica. Ma quando la superstizione e quando i riguardi alle abitudini ebbero grande influenza nelle riforme, e noi continuiamo ancora e a soffrire le suddette bizzarrie e a dare ai primi mesi dell' anno nomi favolosi e nomi numerici erronei agli ultimi. Ciò non ostante il calendario giuliano, atteso che di quei tempi l' Astronomia era ancora bambina, devesi riguardare come un capo d' opera, perchè in ciò che costituisce il vero merito di un calendario, nel concordare cioè gli anni civili coi naturali, se non era perfetto, poco mancava, e infatti di poi se lo rese tale con una piccola correzione di cui diremo a suo luogo.

25. L' esposto calendario giuliano si diffuse in breve tempo in quasi tutto il vastissimo Impero Romano, e divenne in conseguenza il calendario di quasi tutto il mondo conosciuto. Esso sussiste tuttavia senza veruna modificazione presso i Russi ed i Greci, e colla accennata correzione presso noi e tutti gli altri popoli cristiani. Se alcune intercalazioni nel suo principio furono irregolarmente fatte, Cesare Augusto corresse subito l' errore, e di poi si eseguirono sempre regolarmente ogni quarto anno.

Al nome di quintile che davasi al settimo mese dell' anno, alla morte di Giulio Cesare per proposizione di Marco Antonio e decreto del Popolo Romano si surrogò quello di *Luglio* (*julius*) in memoria del medesimo Dittatore che in esso mese aveva sortiti i natali. Eguale onore fu di poi compartito a Cesare Augusto sostituendo il suo nome (*Augustus* = *Agosto*) a quello di sestile dell' ottavo mese nel quale aveva riportata la famosa vittoria di Azzio.

Decreti del Concilio Niceno intorno l' epoca della Pasqua.

26. Una delle sollecitudini del sacrosanto Concilio Ecumenico tenutosi in Nicea l' anno dell' era nostra 325 fu quella di stabilire e precisare l' epoca in cui annualmente si celebrasse da tutto l' orbe cristiano la massima delle solennità della nostra Religione, la Pasqua. I decreti emanati intorno a questo soggetto da quel venerando Consesso e ricevuti da tutta la cristianità ordinano che *la Pasqua si celebri nella domenica immediatamente susseguente al decimoquarto giorno della prima lunazione; che debba reputarsi prima quella lunazione della quale il decimoquarto giorno cade o nel giorno equinoziale di primavera o immediatamente dopo; e che se il detto decimoquarto giorno della prima lunazione occorre in domenica, la Pasqua si celebri non in essa domenica ma nella susseguente.*

27. I riferiti decreti del santo Concilio determinavano un' epoca puramente astronomica per la celebrazione della Pasqua. Ma gli uomini che la sappiano e possano per mezzo di apposite osservazioni determinare annualmente, se sono scarsi nel nostro secolo, rarissimi erano allora. Si richiedeva in conseguenza, se volevasi realmente che

la Pasqua si celebrasse in detta epoca, che si provvedessero i Fedeli di un mezzo facile e quasi meccanico di precisare il giorno pasquale in qualsivoglia anno senza ricercarne gli astronomi. Per questo quei Padri interrogarono intorno l' epoca dell' equinozio di primavera la Scuola di Alessandria, Scuola che da alcuni secoli era universalmente venerata come il primo santuario delle scienze. Secondo l' oracolo di questa Scuola l' equinozio di primavera avveniva allora e doveva sempre avvenire nel giorno 21.° di marzo. La prima parte di questa risposta era giusta, e tale sarebbe stata ancora la seconda se la durata dell' anno giuliano fosse stata precisamente uguale a quella dell' anno tropico: ma quest' ultima è minore notabilmente della prima, e però l' equinozio, siccome ogni altra epoca astronomica, doveva anticipare ogni anno di una quantità uguale al suddetto eccesso che è undici minuti e alcuni secondi. I Padri del Concilio, nei quali non potrebbe pretendersi cognizioni astronomiche più vaste di quelle degli Astronomi di Alessandria, appoggiandosi a tale risposta, decretarono che *avvenendo costantemente il giorno equinoziale di primavera il 21 marzo, si prendesse sempre come prima lunazione quella il di cui novilunio succede tra l' otto marzo inclusivamente e il cinque aprile pure inclusivamente.*

28. Il motivo che fece determinare questi limiti pel novilunio della prima lunazione, fu il vedere che in qualsivoglia dei giorni compresi tra essi limiti accada il novilunio, il 14.° giorno della lunazione succede necessariamente o il giorno 21 marzo o pure immediatamente dopo, esclusa ogni possibilità che tra il 21 marzo inclusivamente e il 14.° giorno suddetto possa accadere il 14.° giorno di un' altra lunazione.

Ancora presentemente si determina da tutta la Chiesa il giorno della celebrazione della Pasqua col referito canone del Concilio Niceno.

29. Conosciuti i limiti del novilunio della pasquale lunazione, piaccia sentire ancora quelli della celebrazione della Pasqua. Quando compiesi il 14.° giorno della prima lunazione il 21 marzo, ciò che avviene quando ne accade il novilunio l' 8 marzo, se il giorno susseguente 22 marzo è domenica, in questa si celebra la Pasqua. Prima di questo giorno 22 marzo non può dunque celebrarsi canonicamente la Pasqua. Quando poi il novilunio pasquale non avviene che il 5 aprile, allora il 14.° giorno della lunazione si compie il 18 aprile. Questo giorno può essere domenica, e in tal caso la Pasqua non si celebra che l' ottavo giorno susseguente cioè il 25 aprile. Più tardi di questo giorno non può canonicamente celebrarsi la Pasqua. Questa festa dunque non può legittimamente celebrarsi se non tra le due epoche notate del 22 marzo e 25 aprile inclusivamente.

Il santo Concilio che volle esentuare i Fedeli dalla necessità di determinare annualmente con astronomiche osservazioni l' epoca dell' equinozio onde celebrare canonicamente la Pasqua, volle parimente esentuarli da quella di determinare con simili mezzi l' epoca del novilunio della prima lunazione. Decretò quindi che si allestisse un facile mezzo con cui ognuno potesse fare una tale determinazione senza timore di errare, quantunque intieramente ignorante in astronomia. Alla esposizione di questo metodo fa d' uopo premettere parecchie altre cognizioni.

30. L'andamento delle stagioni dipende unicamente dalla differente situazione del sole relativamente all' equatore, e però intorno alla durata degli anni civili altro non dovevasi cercare che di renderli uguali agli anni tropici. Ma è talmente forte la impressione che la luna colle sue fasi così belle e frequenti lascia in chiunque non è affatto stupido, che il genere umano, se vide la necessità di dare agli anni civili una durata uguale a quella degli anni tropici, ebbe però sempre una forte predilezione per gli anni lunari. Quindi grandissimi studj si fecero per concordare insieme l' anno tropico colle lunazioni, credendo si dovesse pur ritrovare qualche periodo di tempo che essendo contemporaneamente moltiplice esatto della durata dell' anno tropico e di quella di una lunazione lasciasse sempre al momento del suo terminare la luna ed il sole in quella relativa posizione in cui li aveva ritrovati al suo principiare. Ma non essendo le durate dell' anno tropico e di una lunazione nè multiplici nè submultiplici esatti l' una dell' altra, nè potendosi in pratica costituire gli anni ed i mesi se non di giorni intieri; è impossibile che si ritrovino tali periodi. Non ostante anticamente ne apparvero molti, ma tutti furono dal progresso del tempo dimostrati erronei: erano il risultamento di calcoli basati sopra erronee supposizioni, le quali attribuivano durate differenti dalle vere all' anno tropico e alla lunazione. Fra questi periodi è celebre quello che Metone famoso Matematico Ateniese pubblicò 432 anni prima di G. C. e che è conosciuto sotto le denominazioni di *Enneadecaeteride* o *ciclo di* 19 *anni*, *di ciclo lunare*, *e di ciclo metonico*. Questo periodo è composto di 19 anni tropici o solari, computati

ciascuno di 365 giorni e un quarto come gli anni giuliani. Se moltiplicate per 19 la durata dell' anno giuliano ottenete un tempo che non supera che di circa un' ora e mezza quello che ottenete moltiplicando la durata d' una lunazione per 235. Ma a Metone i suddetti prodotti risultarono eguali. Egli non poteva conoscere con quella esattezza che conosciamo noi la durata di una media lunazione, siccome non conosceva la vera durata dell' anno tropico. Apparve quindi a lui e a tutto il Popolo Ateniese di altissima importanza una tale scoperta. Infatti, se il calcolo metonico fosse esatto, tutte le varie fasi di una data lunazione succederebbero di 19 in 19 anni solari nello stesso giorno dell' anno solare e nella stessa ora del giorno; e quindi conosciute una volta le epoche delle varie fasi lunari pel corso di 19 anni solari, sarebbero conosciute per sempre, e, quello che maggiormente interessava a quei tempi, ne derivava una maniera di costituire anni lunari così fatti che non potessero mai essere molto discordi dagli anni solari. Gli Ateniesi che sino allora non avevano ritrovato un esatto metodo di concordare insieme i loro anni lunari di 354 giorni con gli anni naturali o tropici, nè volevano abbandonare l' abitudine di computare e misurare il tempo per mezzo di lunazioni, mossi dai vantaggi che prometteva il ciclo metonico e credendo aver ritrovato quel periodo che mancava al perfezionamento del loro calendario; decretarono che in avvenire, abbandonata l' antica maniera d' intercalare (11), si regolassero gli anni civili conformemente alla scoperta metonica. Per attestare poi pubblicamente gratitudine e stima all' autore di così bella scoperta, vollero che il calcolo che la dimostrava venisse in caratteri d' oro scolpito nella maggiore piazza d' Atene. Da questo

onore compartito a Metone derivò al numero esprimente il posto che occupa nel suo ciclo un dato anno il nome di *numero d' oro*.

Anni Metonici.

31. Essendo 235 le lunazioni che secondo la scoperta metonica si richiedono per costituire un tempo eguale a 19 anni solari, gli Ateniesi con le suddette 235 lunazioni ordinarono 19 anni civili. A 12 di questi assegnarono 144 lunazioni, 12 a ciascuno, e li chiamarono *anni lunari comuni*. Diedero poi le rimanenti 91 agli altri sette, a ciascuno 13. Dissero *embolismica* o *intercalare* la 13.ª lunazione di questi sette anni e *embolismici* gli anni stessi. Nella enneadecaeteride poi erano stabili i posti degli anni comuni e degli embolismici. I posti di questi ultimi erano i seguenti: il 3.°, 6.°, 9.°, 11.°, 14.°, 17.° e 19.°. Il motivo che fece dichiarare embolismici piuttosto questi che alcuni altri si vedrà da quì a poco. Il primo novilunio che occorreva dopo il solstizio estivo segnava il principio di ognuno di questi 19 anni, e ogni altro novilunio che avveniva lungo l' anno avvertiva che incominciava un novello mese.

32. Questa maniera che primi gli Ateniesi adottarono di regolare gli anni civili venne presto dal rimanente della Grecia, dagli Ebrei e da varj altri popoli abbracciata. Nè andò in dimenticanza quando l' Orbe Romano abbracciò il calendario giuliano. Cessò bensì allora di essere la norma degli anni civili, ma continuò ad esserlo degli anni lunari, dei quali l' uomo ebbe sempre vaghezza. Nei primi secoli della cristiana Religione poi essa in certa guisa divenne sacra, perchè la Chiesa volle nel suo calen-

dario accoppiare insieme il calendario giuliano ed il metonico, e regolare secondo l' uno le epoche delle minori e secondo l' altro quelle delle maggiori sue solennità. Passo ora ad esporre come ritrovasi accoppiato il calendario giuliano al metonico in quello ecclesiastico.

Del Numero d' oro e delle Epatte.

33. Il numero d' oro di un dato anno indica quale esso sia dei 19 del ciclo metonico. L' anno presente 1834 è il 10.° e però ha per numero d' oro il 10, e l' anno venturo che è l' 11.° avrà l' 11 per numero d' oro. Questi numeri in conseguenza non sono che 19, e passano senza salti dall' 1 al 2, al 3, ecc. sino al 19, per ricominciare dall' 1, e proseguire sempre ugualmente, e così in perpetuo.

34. Nel nostro calendario questi numeri procedono come se il primo anno dell' era nostra fosse stato il secondo del ciclo metonico e avesse avuto il 2 per numero d' oro. Da ciò deriva la facile maniera di ritrovare il numero d' oro per un dato anno dell' era nostra passato o futuro: aggiungete un' unità al numero esprimente il dato anno, dividete la somma per 19: il quoziente non altro v' indicherà se non il numero delle volte che il ciclo metonico fece la sua rivoluzione partendo dall' anno precedente all' era cristiana sino all' anno dato, il residuo poi sarà il cercato numero d' oro. Se in questa divisione non vi rimane verun residuo, dedurrete che l' anno dato ha per numero d' oro il 19. Nel secolo presente il 1.° anno del ciclo metonico è dagli altri distinto pel novilunio che accade il 1.° giorno di gennaro.

35. Il significato che si attribuisce al greco vocabolo

Epatta è quello di *età della lunazione al momento che principia un dato anno giuliano.* Gli Astronomi la esprimono con ogni esattezza in giorni, ore, minuti e secondi. L' epatta che si usa nei calendarj non si esprime con la medesima esattezza, ma solamente in giorni, omettendo tutte le frazioni di giorno; così che propriamente parlando *una tale epatta non è altro che il numero che indica quale giorno conti di sua età la lunazione il* 31 *dicembre.* Questo numero chiamasi l' epatta dell' anno che principia, non di quello che termina. Per esempio l' epatta dell' anno 1834 è il numero 20, perchè il 31 dicembre 1833 la lunazione contava il 20.° giorno di sua età.

Accoppiamento degli anni metonici coi giuliani.

36. Premesse queste definizioni, esponiamo come si trovino accoppiati i due calendarj giuliano e metonico in quello ecclesiastico. Computiamo tutti gli anni nostri civili o giuliani di soli 365 giorni. Se moltiplicate questo numero per 19, ottenete 6935 giorni. Ma in 19 anni compionsi 235 lunazioni. Dunque nel nostro computo la durata di 235 lunazioni è 6935 giorni. La media durata di una lunazione è 29 giorni, 12 ore, 44' e 3". Ma nei calendarj per evitare le frazioni di giorno, alle lunazioni reali si sostituiscono le lunazioni artificiali, e queste si fanno alcune di 30 giorni e diconsi *piene*, e alcune di 29 e diconsi *cave*. In questo sistema per esaurire il suddetto numero di giorni scompartendoli tra 235 lunazioni, basta farne 120 piene, e 115 cave. Se poi faremo, per quanto si può, alternare le lunazioni piene con le *cave*, l' andamento delle artificiali lunazioni poco differirà dal corso delle reali. E per formare di tutte queste lunazioni 19

anni lunari, basterà farne 12 *comuni*, ciascuno di 12 lunazioni, sei piene e sei cave, farne sei embolismici, ciascuno con 7 lunazioni piene e sei cave, farne finalmente embolismico ancora un 7.°, ma con 7 lunazioni cave e 6 piene.

Corrispondenza tra le epatte e i numeri d' oro.

37. Gli anni metonici devono naturalmente incominciare con un novilunio. Supponiamo che ne accada uno il primo gennaro di qualche anno giuliano. Questo giorno si potrà riguardare come primo e dell' anno giuliano e dell' anno lunare. Ma un anno lunare comune composto di 6 lunazioni piene e 6 cave si compie in 354 giorni. Questo anno dunque terminerà 11 giorni prima dell' anno giuliano, e però il 31 dicembre di questo anno sarà l' undecimo giorno della prima lunazione del 2.° anno lunare. Se riguardiamo come primo del ciclo lunare di 19 anni il suddetto anno giuliano, il suo numero d' oro sarà 1; e l' anno giuliano susseguente che ha 2 per numero d' oro avrà per epatta il numero 11. Per giungere al suo termine questo secondo anno lunare che conta già il suo 12.° giorno al primo gennaro non avrà bisogno che di altri 342 giorni, e però il 31 dicembre avrà 22 giorni di età la 1.ª lunazione del 3.° anno lunare. Questo numero 22 esprimerà l' epatta del successivo anno giuliano avente il 3 per numero d' oro. Di questo 3.° anno giuliano non avrebbe bisogno un 3.° anno lunare comune per giungere al suo termine che di 332 giorni, e in conseguenza terminerebbe il 28 novembre, 33 giorni prima della fine dell' anno giuliano. Ma attribuite a questo 3.° anno lunare una lunazione embolismica piena, che così non ter-

minando che il 28 dicembre, il principio del 4.° anno lunare si riavvicina a quello del 4.° anno giuliano. Questo avrà dunque per epatta il numero 3 e per numero d' oro il 4. Il novello anno lunare terminerà il 351.° giorno di questo 4.° anno giuliano, e però l' epatta dell' anno giuliano avente 5 di numero d' oro sarà 14. Questo 5.° anno lunare terminerà 26 giorni prima del giuliano, e però l' epatta dell' anno giuliano avente 6 di numero d' oro sarà 25. Attribuendo una lunazione embolismica piena a questo 6.° anno lunare, il suo termine avverrà il 26 dicembre, e però sarà 6 l' epatta dell' anno giuliano avente 7 per numero d' oro. Ragionando in consimile maniera ritroverete che all' anno avente 8 per numero d' oro corrisponde l' epatta 17, che al susseguente l' epatta 28, che per riavvicinare il principio dell' anno lunare al principio del giuliano devesi fare embolismico questo 9.° anno, attribuendogli 7 lunazioni piene e sei cave. Vedrete parimente che al numero d' oro 10 corrisponde l' epatta 9, e all' 11 l' epatta 20. Fatto embolismico con 7 lunazioni piene e sei cave, questo 11.° anno terminerà col 30 dicembre, e quindi l' epatta del 12.° anno sarà = 1, quella del 13.° sarà = 12, e sarà = 23 quella del 14.°, il quale fatto embolismico con 7 lunazioni piene e sei cave terminerà il 27 dicembre. Il 15.° anno in conseguenza avrà l' epatta = 4, il 16.° l' epatta = 15, ed il 17.° l' epatta = 26. A quest' anno si dovranno pure attribuire 7 lunazioni piene, e 6 cave. Così all' aureo numero 18 corrisponderà l' epatta 7, e all' ultimo anno del ciclo l' epatta 18. Ma questi giorni 18 di epatta coi 365 dell' anno giuliano costituiscono la precisa durata di 7 lunazioni cave e 6 piene. Attribuendo queste 13 lunazioni a questo ultimo anno del ciclo, si avranno

tutte esaurite le 235 lunazioni che devono compiersi in anni 19, e l'ultimo giorno di questo 19.° anno sarà l'ultimo eziandio della durata di queste lunazioni. Però sarà = 0 la epatta dell'anno susseguente che deve avere 1 per numero d'oro, e quindi succederà un novilunio il 1.° gennaro, siccome succedeva al principiare del precedente ciclo metonico.

38. È nella esposta maniera che gli anni metonici si trovano congiunti coi giuliani nei nostri calendarj, ove quantunque procedano indipendentemente gli uni dagli altri, il principio dei primi non si discosta mai troppo da quello dei secondi; ma i due principj non coincidono nello stesso giorno se non scorsi che siano 19 anni intieri da che coincidettero un'altra volta. Acciò avvenga questa specie di accordo, devono necessariamente, intanto che al numero d'oro 1 corrisponde l'epatta = 0, essere *embolismici* gli anni metonici 3.°, 6.°, 9.°, 11.°, 14.°, 17.° e 19.°, e *comuni* tutti gli altri. In generale per sapere se ad un dato anno giuliano corrisponda un anno metonico embolismico o comune, basta osservarne l'epatta. Se questa è tale che unita all'eccesso 11 dell'anno giuliano sopra il lunare comune costituisca un numero eguale o maggiore di 30, l'anno metonico che vi corrisponderà sarà embolismico, perchè avanti che il dato anno giuliano termini, oltre le 12 ordinarie lunazioni, se ne compirà ancora una 13.ª piena. Se poi la detta somma è minore di 30, il corrispondente anno metonico sarà comune, eccetto però il caso che il dato anno giuliano abbia 19 di numero aureo, perchè allora è embolismico, quantunque la suddetta somma non sia che 29.

39. Segue dalla esposta corrispondenza tra il numero d'oro e l'epatta, che per trovare l'epatta corrispondente

ad un dato numero d' oro, intanto che l'epatta del primo anno del ciclo lunare è = o, siccome lo è nel secolo presente, basta moltiplicare il numero 11 pel dato numero d' oro diminuito di un' unità, e dividere il prodotto per 30: il residuo della divisione è l' epatta cercata.

40. Voglio credere che l' attento lettore bramerà sapere il perchè, mentre gli anni giuliani sono di 365 giorni e un quarto, nel calcolo precedente si trascurò il quarto medesimo, il quale preso 19 volte costituisce 4 giorni e tre quarti, come pure il perchè non si pose veruna attenzione agli anni bissestili, dei quali quattro per lo meno e il più delle volte cinque devono occorrere in 19 anni. Nell' esposto calcolo che serve a far capire il meccanico accoppiamento degli anni metonici coi giuliani si attribuirono bensì quattro giorni e 18 ore meno del dovere alla durata di 19 anni giuliani, ma si computarono di altrettanto più brevi di quello realmente siano ancora li 19 anni metonici o le 235 lunazioni; ma questa apparente omissione o inesattezza di calcolo viene riparata dai quattro o cinque giorni intercalari che nel corso di 19 anni civili s' incontrano e che nell' esposto calcolo non furono computati. Questi giorni intercalari concorrono dunque essi pure a costituire l' esposto accordo tra i due calendarj, quantunque quando non si tratta che di far comprendere l' accordo medesimo, per risparmiare tempo e parole, non se ne parli quasi non esistessero. Ancora nel numerare i giorni delle lunazioni che fanno il proprio corso alla fine di febbraro degli anni bissestili il giorno intercalare non si numera, e nella maniera che i Romani gli davano il nome di *sexto calendas* il quale caratterizza il giorno susseguente, ancora alla lunazione nel giorno intercalare si attribuisce quella età stessa che

le si attribuisce ancora nel giorno susseguente. Ne viene quindi che se la lunazione suddetta è una di quelle che secondo l' esposto sistema deve essere cava, diverrà in realtà piena, ma si computerà come cava nel calendario, e se è una di quelle piene, non le si computeranno che 30 giorni, benchè in realtà ne avrà 31. Ma tutte queste che sembrano inesattezze si compensano o nel corso di uno o in quello di 2 o di 4 cicli metonici, e si mantiene sufficientemente il bramato accordo tra gli anni lunari ed i solari.

Come nell' antico calendario s' indicassero i novilunj.

41. Tale essendo l' accoppiamento degli anni metonici e dei giuliani, riesce facilissima impresa il determinare l' epoca dei singoli novilunj che occorrono nel corso dell' intiera enneadecaeteride. Il discreto lettore ben sa che le epoche di cui qui tratto non sono esattamente quelle dei novilunj reali: sono epoche prossime alle *vere*, poichè non danno che il *medio giorno* del novilunio, quello cioè in cui il più delle volte il novilunio stesso accade. I novilunj in questa guisa determinati si dicono *artificiali* o *ecclesiastici* per distinguerli dai *reali*. I Padri del Niceno Concilio vollero che tutte le epoche medie dei 235 novilunj che occorrono nel corso di una enneadecaeteride si calcolassero e si notassero nel *calendario perpetuo*. Sotto questa denominazione intendesi un almanacco o effemeride in cui siano registrate le varie feste che occorrono lungo l' anno e vengano indicati i principj delle stagioni e delle rivoluzioni della luna, e che sia destinato a servire non per uno o per pochi, ma per tutti gli anni avvenire. Ed ecco in qual modo si eseguì il detto canone. All' epoca del

Concilio all' epatta = o corrispondeva l' aureo numero 3. Nel 3.° anno della enneadecaeteride occorreva dunque un novilunio il 1.° di gennaro. Facendo piena questa prima lunazione, cava la 2.ª, piena la 3.ª, cava la 4.ª e così successivamente ponendo sempre una lunazione cava dopo una piena, si vede che un 2.° novilunio avveniva il 31 gennaro, un 3.° il 1.° di marzo, un 4.° il 31 dello stesso mese, un 5.° il 29 aprile, un 6.° il 29 maggio, un 13.° il 21 dicembre, un 14.° il 20 gennaro dell' anno susseguente, un 15.° il 18 febbraro, ecc. Nel calendario perpetuo a canto ai singoli giorni in cui accadeva un novilunio nel corso dell' anno avente il 3 per numero d' oro si pose come indizio del novilunio medesimo il numero aureo 3. Si pose il 4 a canto a tutti i giorni in cui occorreva qualche novilunio nel corso dell' anno avente il 4 per numero aureo. Si pose il 5 a canto ai giorni in cui occorrevano i novilunj nell' anno avente il 5 per numero d' oro, e con lo stesso modo si segnarono le epoche dei novilunj per li singoli 19 anni del ciclo lunare. In questa maniera il riferito canone del Concilio venne eseguito, e si provvide il Cristiano di un mezzo facilissimo di conoscere le epoche dei novilunj ecclesiastici pel corso di tutta la enneadecaeteride, anzi, siccome allora si credette, per tutti i futuri tempi; perchè al terminare del metonico ciclo le posizioni rispettive del sole e della luna si reputava che dovessero sempre essere quelle medesime che erano al principiare del ciclo stesso.

Delle Lettere Domenicali.

42. Nel calendario perpetuo vollero pure i primitivi Cristiani introdurre una facile ed espediente maniera di

sapere in perpetuo quali dei giorni dell' anno fossero domenica, quali lunedì, quali martedì, ecc. Colle prime sette lettere dell' alfabeto formarono una specie di ciclo col mezzo del quale divisero tutto l' anno in settimane. Al primo giorno di gennaro premisero la lettera A, la B al 2, la C al 3, la D al 4, la E al 5, la F al 6, la G al 7. Poi ricominciando dalla A la premisero al 8, la B al 9, la C al 10, e così successivamente sino all' ultima per ricominciare dalla prima e continuare in eguale maniera sino all' ultimo di dicembre. Per una tale distribuzione, una data lettera non ripetesi che di ottavo in ottavo giorno, e tra un giorno segnato da una data lettera e il primo che incontrasi segnato dalla lettera medesima sono sempre frapposti sei giorni segnati dalle altre sei lettere. Una qualunque di queste sette lettere ha dunque relativamente alle altre quella medesima distribuzione che un dato giorno della settimana ha relativamente agli altri giorni, e ciò verificasi ugualmente per tutto il corso dell' anno. In tutti i giorni adunque che nel calendario perpetuo sono contrassegnati con una data lettera si avrà per tutto l' anno uno stesso giorno della settimana. Se il 1.° di gennaro che è preceduto dalla A è domenica, saranno domeniche ancora tutti gli altri giorni preceduti dalla A, in conseguenza saranno lunedì tutti i giorni contraddistinti con la B, martedì tutti quelli segnati colla C, ecc. Se invece il 1.° gennaro è lunedì, la A indica i lunedì di tutto l' anno, la B i martedì, la C i mercoledì e la G le domeniche. Se il 1.° gennaro è martedì, la A segna i martedì per tutto l' anno, la B i mercoledì e la F le domeniche, ecc. Apprenderete facilissimamente tutto ciò osservando il calendario perpetuo, una copia del quale ritrovasi alla fine di questo libretto.

43. La *lettera domenicale* di un dato anno è quella che pel corso di esso anno indica le domeniche nel calendario perpetuo. Così se l' anno comincia in domenica, ha per lettera domenicale la A, se in lunedì la G, se in martedì la F, se in mercoledì la E, se in giovedì la D, se in venerdì la C e se in sabbato la B; siccome risulta dal numero precedente.

44. Un anno comune di giorni 365 consta di 52 settimane e di un giorno. Dividete infatti 365 per 7 che avrete 52 di quoziente e 1 di residuo. Per ciò nel calendario perpetuo i giorni primo e ultimo dell' anno sono preceduti dalla medesima lettera A, e quindi se il primo giorno dell' anno è domenica, è domenica ancora l' ultimo, se lunedì il primo, lunedì ancora l' ultimo, ecc. Se dunque un dato anno incomincia in domenica e in conseguenza ha la A per lettera domenicale, l' anno susseguente comincierà in lunedì e avrà la G per lettera domenicale, l' anno dopo principierà in martedì e la F sarà la sua lettera domenicale, e così succederebbe sempre se tutti gli anni fossero comuni: le lettere domenicali dei successivi anni avrebbero un andamento inverso dell' ordine che hanno nell' alfabeto, dalla G discenderebbero alla A costituendo un periodo e ciclo di 7 anni aventi rispettivamente il 1.° per lettera domenicale la G, il 2.° la F, il 3.° la E, ecc. Ma l' esposto ordine viene alterato ogni quarto anno dal giorno che s' intercala, il quale fa che se l' anno principia per esempio in domenica, termini in lunedì, e in conseguenza che la lettera domenicale del successivo anno invece della G sia la F. A questa sola però si ridurrebbe la influenza del giorno intercalare sulle lettere domenicali, se la intercalazione si facesse tra l' ultimo di dicembre e il primo di gen-

naro. Ma la si fa tra il 23 e il 24 febbraro; nel calendario perpetuo poi esso giorno non ha nè numero, nè nome che lo indichi, nè lettera che lo preceda, e quindi nel modo stesso che alla latina assumeva il nome del successivo giorno 24, se ne usurpa ora la lettera F. Ma ripetendosi due volte in questo incontro la F, nè interrompendosi mai il periodo settimanale, negli anni bissestili dal giorno dopo l' intercalare in poi le lettere del calendario perpetuo non corrisponderanno più a quei giorni della settimana ai quali corrispondevano dal principio dell' anno sino al detto giorno, e ciascuna diverrà indicatrice del giorno susseguente nella settimana a quello che prima indicava. Se per esempio l' anno ha la F per lettera domenicale, il giorno intercalare sarà domenica, e il giorno dopo quantunque preceduto dalla F sarà lunedì. Da questo giorno in poi la F non più le domeniche, ma segnerà i lunedì, la G non più i lunedì ma i martedì, la A non più i martedì ma i mercoledì, e la E non più i sabbati ma le domeniche e in conseguenza servirà di poi di lettera domenicale sino alla fine dell' anno. In questa maniera un tale anno usa di due lettere domenicali, di una che serve dal 1.° gennaro sino al giorno intercalare inclusivamente, e di un' altra che serve dal detto giorno sino all' ultimo di dicembre. Un' analoga mutazione nelle lettere domenicali avviene in ogni anno bissestile, qualunque sia la lettera domenicale che ha nel suo principio: a questa sempre sottentra quella che immediatamente la segue nell' ordine rovescio G, F, E, ecc. in cui si succedono le lettere domenicali. Da quì segue che mentre si attribuisce una sola lettera domenicale agli anni comuni, ai bissestili se ne attribuiscono due, l' una che serva dal 1.° gennaro sino al giorno intercalare in-

clusivamente, e l' altra dal giorno susseguente sino all' ultimo di dicembre.

Del Ciclo Solare e del Ciclo delle Lettere Dominicali.

45. Ciascuna delle lettere di cui parliamo può negli anni intercalari combinarsi con quella che immediatamente la segue, come pure può combinarsi l' una con l' altra estrema, la A con la G, e così formare le sette seguenti coppie: GF, FE, ED, DC, CB, BA, AG. Nella serie di sette consecutivi anni bisestili ciascuna di queste coppie ritrova il suo posto, e quella che nella 1.ª serie appartenne al primo bisestile, appartiene al primo bisestile ancora nella serie successiva di altri sette bisestili. Parimente quella che appartenne al 2.° della 1.ª serie, appartiene al 2.° ancora nella 2.ª serie, e dicasi lo stesso di ogni coppia, poichè ognuna ripetesi sempre all' ottavo bisestile susseguente e non mai prima. Il bisestile 1812 ebbe la coppia ED; il primo anno che ancora l' avrà sarà il 1840 nel quale accade appunto l' ottavo bisestile, computando come primo quello del 1812. Queste coppie costituiscono adunque un ciclo che si svolge in 7 anni intercalari e che ricomincia ad ogni ottavo intercalare cioè ad ogni 29.° anno susseguente. Questo ciclo è dunque di 28 anni, e il detto 29.° anno è il 1.° della successiva ripetizione del ciclo stesso. Di questi 28 anni, sette hanno per lettere domenicali le suddette coppie, una ciascuno, ognuno poi degli altri 21, i quali sono comuni, ha una sola lettera domenicale e questa ordinata relativamente a quella dell' anno precedente nella maniera qui sopra esposta. Questo ciclo di 28 anni dicesi *solare*, dipendendo dalle lettere domenicali che indicano nel ca-

lendario perpetuo i giorni di domenica, i quali secondo l' antica costumanza dall' essere sacri al sole dicevansi *dies solis*, e dicesi *ciclo delle lettere domenicali* la serie di esse lettere ordinate secondo la rispettiva corrispondenza ai singoli numeri del ciclo solare.

46. Il ciclo solare procede come se avesse incominciato l' anno 9.° avanti il primo dell' era cristiana. Da ciò dipende la facile maniera di determinare quale sia del ciclo solare un anno qualunque passato o futuro ma posteriore a G. C. Aggiungete 9 al numero esprimente il detto anno, e dividete la somma per 28: il residuo della divisione indica quale posto occupi nel ciclo solare il dato anno, e se non si ha residuo, si deduce che il dato anno è l' ultimo del ciclo medesimo. Operando in questa maniera pel corrente anno 1834 otterrete di residuo 23, numero che avverte essere questo anno il 23.° del ciclo solare. Quest' anno avendo cominciato in mercoledì ha per lettera domenicale la E. Dunque la E spetta all' anno 23.° del ciclo, al 24.° spetterà per conseguenza la D, al 25.°, essendo bisestile il 1836, spetterà la coppia CB, e agli altri tre successivi che sono comuni spetteranno, al 26.° la A, al 27.° la G, e al 28.° la F. L' anno 1840 sarà il 1.° del ciclo e avrà, essendo bisestile, le ED per lettere domenicali. Al primo anno del ciclo solare appartiene questa coppia nel secolo presente. Con facilità dietro le esposte teoriche ognuno potrà determinare quale lettera o coppia di lettere corrisponda a ciascuno dei 28 anni del ciclo. Questa corrispondenza tra i 28 numeri progressivi del ciclo solare e i 28 termini del ciclo delle lettere dominicali si può osservare nel quadro del numero 60.

47. Per determinare il giorno di Pasqua per un anno qualunque non dovevasi secondo la intenzione dei Padri

Niceni altro fare che ricorrere al calendario perpetuo forniti della cognizione del numero d' oro e della lettera dominicale spettanti al detto anno. Col numero d' oro subito vedevano ai quanti del mese occorreva il novilunio della prima lunazione, e in conseguenza ancora ai quanti ne avveniva il 14.° giorno. La lettera domenicale poi mostrava ai quanti del mese avveniva la prima domenica susseguente ad esso 14.° giorno, nella quale dovevano celebrare la Pasqua.

Errori dell' antico Calendario.

48. Giulio Cesare credette o suppose che l' anno tropico fosse esattamente di giorni 365 e ore 6, e da ciò dedusse la maniera di fare tre anni civili consecutivi di giorni 365 e ogni quarto anno di giorni 366. Ma la media durata dell' anno tropico, secondo le più esatte osservazioni e i più precisi calcoli, non è che di 365 giorni, 5 ore, 48' e 51", 6. L' anno giuliano adunque superava l' anno tropico di 11' e 8", 4: e però doveva a lungo andare rompersi il suo accordo colle stagioni, poichè le vere epoche celesti, gli equinozj e i solstizj anticipando ogni anno di 11' e 8", 4, dopo un certo numero di anni dovevano avvenire un giorno prima di quello il calendario indicasse, poi due giorni, poi tre, quattro, ecc., e bastava che l' errore non si riparasse, che una data epoca celeste, l' equinozio di primavera, per esempio, avrebbe, sempre nella notata maniera retrocedendo, appartenuto successivamente a tutti i varj giorni e mesi dell' anno civile. Questo errore non richiese un gran numero di secoli per rendersi sensibile. L' equinozio di primavera che all' epoca del Concilio Niceno avveniva

il 21 di marzo, nel 16.° secolo succedeva l' 11 di detto mese. I Cristiani non ostante determinavano il giorno di Pasqua col canone del nominato Concilio (27), supponendo cioè che l' equinozio occorresse costantemente il 21 marzo. Si vede facilmente quanto per causa della esposta retrogradazione dell' equinozio si trovasse tradita la intenzione dei Padri Niceni. Molte volte infatti succedeva che la Pasqua si celebrasse dopo il 14.° giorno della lunazione posteriore a quella intesa dal Santo Concilio, poichè a quella che contava il suo 14.° giorno tra l' epoca reale dell' equinozio e il 21 marzo, quantunque fosse la legittima lunazione pasquale, si negava questo onore, e le sue liturgiche attribuzioni venivano dalla susseguente lunazione usurpate. I Cristiani cominciarono a lagnarsi di questo errore e a chiedere una correzione del calendario o una novella norma per determinare il giorno di Pasqua fino dal secolo 13.° Crebbero poi questi clamori nel 15.° e 16.°; ma la malvagità dei tempi non permise che vi si rimediasse se non nel 1582.

49. Un altro errore sussisteva nelle epoche dei novilunj. Avevasi supposto che 235 lunazioni equivalessero in durata a 19 anni giuliani di 365 giorni e 6 ore; e secondo questa supposizione nel calendario perpetuo avevansi premessi i numeri d' oro ai diversi giorni in cui credevano che nel corso dei 19 anni del ciclo dovessero per tutti i futuri tempi accadere i novilunj (41). Ma 19 anni giuliani costituiscono giorni 6939, 75, mentre la durata di 235 lunazioni forma giorni 6939, 68818. L' eccesso della prima durata sulla seconda è giorni 0,06182, o pure 1 ora, 29' e 1'', 248. Per questo eccesso i novilunj invece di succedere sempre di 19 in 19 anni civili nello stesso giorno dell' anno e nello stesso

momento del giorno, dovevano ogni 19 anni anticipare di quasi un' ora e mezza. Sommandosi insieme queste anticipazioni, ecco che dopo 16 giri del ciclo metonico circa, o più esattamente, dopo 312 anni e mezzo dovevano tutti i novilunj avvenire un giorno prima di quello il numero aureo indicasse, 2 giorni dopo 625 anni, 3 dopo 937 anni e mezzo, ecc. Ancora questo errore era conosciuto dai Fedeli varj secoli avanti che si pensasse a correggerlo, e li angustiava ogni volta che dovevano determinare l' epoca della Pasqua, poichè servendosi tuttora della erronea scorta dei numeri d' oro, occorreva spesse volte che la si celebrasse una settimana o un mese dopo l' epoca intesa dal Santo Concilio Niceno. Verso la fine del 16.° secolo i novilunj succedevano 4 giorni prima che il calendario perpetuo gli indicasse; quel novilunio per esempio che era segnato dal numero aureo pel giorno 5 di marzo, era già occorso il primo di esso mese.

Della Correzione del Calendario.

50. A conoscere gli esposti difetti dell' antico calendario fu primo il Venerabile Beda, monaco Scozzese, celebre per santità e per dottrina, e che morì al principio dell' 8.° secolo. I dotti Cardinali Pietro d' Ailly e Nicolò di Cusa ne proposero e inculcarono la correzione nei Concili che si tennero nella prima metà del 15.° secolo. Sisto IV. la volle eseguire e all' uopo chiamò a Roma il più grande astronomo de' suoi tempi Giovanni Muller Regiomontano Arcivescovo di Ratisbona, ma questi fu colto dalla morte nel 1476 mentre meditava come eseguire un' impresa così rilevante, e ciò fece che ad essa per allora più non si pensasse. Nel corso del 16.° secolo molti ne scrissero,

se ne trattò con calore nel Concilio di Trento, ma l' angustia del tempo e la malagevolezza della impresa fecero che quel venerabile Consesso si limitasse a raccomandarla instantemente ai Sommi Pontefici. Finalmente Gregorio XIII. di sempre gloriosa ricordanza divenne benemerito della Chiesa e dell' Astronomia col volere davvero riformato il calendario. Egli nel 1577 ne scrisse ai Principi Cattolici acciò ricercassero gli Astronomi e Matematici loro sudditi dei propri lumi nel proposito e invitò tutte le cattoliche Università ad occuparsi dell' argomento e a trasmettergli progetti di riforma. Creò quindi una Giunta d' illustri scienziati che se ne occupassero esclusivamente. Risplendevano fra questi il Perugino Ignazio Danti Domenicano, matematico e astronomo di grande merito, autore dell' ammirato gnomone di S. Petronio in Bologna ove professò le matematiche e che morì nel 1586 essendo vescovo di Alatri, e il Bambergese Gesuita Clavio, eccellente geometra e che di poi spiegò in un' opera classica e di molta lena la costituzione e gli usi del nuovo calendario.

51. Intanto un matematico sin allora di nessun nome, Luigi Lilio medico Calabrese conduceva a termine un bellissimo metodo di liberare il calendario perpetuo dal secondo errore il quale si mostrava incomparabilmente più difficile del primo a correggersi, quando venne rapito dalla morte. Ma suo fratello Antonio, amatore esso pure delle matematiche, si diede cura di offerire il fraterno lavoro al supremo Gerarca. Antonio Lilio fatto membro della Giunta, le espose distintamente l' opera di Luigi, la quale venne unanimamente applaudita e giudicata degnissima di essere adottata. Fattele però alcune piccole modificazioni e sottoposta a rigoroso calcolo in tutte le sue particolarità e dimostratane la giustezza per più di

300000 anni, la Giunta credette d' aver raggiunto lo scopo a cui tendeva e di aver compilato un perfetto sistema di riforma. Per assicurarsi maggiormente di questo il Pontefice ne spedì copia a tutti i Principi Cattolici ed alle Università acciò lo esaminassero. Approvato quindi dal comune suffragio, il prelodato Pontefice non volle più oltre differire di mandare ad effetto la preparata riforma, e nel marzo del 1582 con apposita Bolla la pubblicò e decretò che venisse da tutto l' orbe cattolico immantinente accettata.

Restituzione dell' equinozio di primavera al 21 di marzo.

52. Una delle massime adottate dalla suddetta Giunta fu di scostarsi meno che fosse possibile dall' antico calendario. Bisognava quindi restituire l' equinozio di primavera al giorno 21 di marzo. Ciò era facile. Bastava omettere in quell' anno 10 giorni, farlo cioè di soli 355, che l' equinozio dall' 11 marzo si restituiva al 21. Gregorio XIII. ordinò appunto che in quell' anno 1582 si omettessero 10 giorni tra il 4 e il 5 ottobre, in guisa che al giorno 5.° di ottobre si dicesse 15.

53. Ma non bastava rimettere per allora l' equinozio al 21 marzo, faceva d' uopo ordinare delle nuove regole d' intercalare affinchè non si allontanasse più mai dal detto giorno. La durata che la Giunta attribuì all' anno tropico fu di 365 giorni e 97 quattrocentesimi di giorni, quantità eguale a giorni 365, 2425, ovvero a 365 giorni, 5 ore, 49' e 12". Da una tale durata veniva, si può dire, suggerito che per ritenere costantemente al posto stabilito il giorno equinoziale dovevansi fare non 100, come il giuliano metodo prescriveva, ma solamente 97 intercalazioni

nello spazio di 400 anni. Tale idea fu adottata, e S. S. decretò che *in avvenire degli anni secolari, che nell' antico calendario erano tutti bisestili, non lo fosse più se non quello che seguisse quarto dopo tre che si fossero fatti comuni.* Ordinò poi che il 1600, alla quale epoca l' equinozio doveva ancora essere vicinissimo al posto a cui veniva restituito colla omissione dei suddetti 10 giorni, si lasciasse bisestile, che fossero comuni i tre anni secolari consecutivi 1700, 1800, 1900, quindi bisestile il 2000, e comuni i tre susseguenti 2100, 2200, 2300, ecc.; e che in perpetuo degli anni secolari non si facessero bisestili se non quelli che sono rappresentati da numeri esattamente divisibili per 400. Dicesi *equazione solare* l' omissione della intercalazione nei notati anni secolari.

54. Gli Astronomi moderni credono che la durata dell' anno sia giorni 365; 242264 quasi esattamente, minore cioè di 236 milionesime parti di giorno di quella supposta nella Riforma. Se moltiplicate questa quantità per 4238 otterrete per prodotto un giorno. Le regole del calendario riformato non si estendono a correggere questo piccolo errore il quale farebbe retrocedere di un giorno l' equinozio in 4238 anni. Ma vedesi come facilmente vi si riparerà omettendo di fare una delle intercalazioni ordinarie verso la fine di un tanto numero di anni.

55. Le Nazioni cattoliche abbracciarono subito la esposta maniera di restituire e ritenere costantemente l' equinozio di primavera al 21 marzo, ma non fecero altrettanto le Nazioni scismatiche e protestanti presso le quali si mantenne l' antico calendario. Da questo derivò che un identico giorno dell' anno cominciò a portare differente data nei diversi stati. Nei paesi cattolici infatti da che furono omessi quei 10 giorni sino al 1700 tutte le date

dovettero essere più avanzate di 10 giorni che non nei paesi dissidenti. Quindi nacque il bisogno di avvertire negli scritti destinati a passare da questi paesi a quelli se le date corrispondano al *vecchio stile* o al *nuovo stile*, il che si fa ponendo tra parentesi in fronte alla data le lettere iniziali v. s. o pure n. s. che leggonsi rispettivamente: vecchio stile, nuovo stile; o pure di scrivere le date secondo ambidue gli stili, una sotto l' altra quasi fossero i due termini di una frazione. Nell' anno 1700 la suddetta differenza aumentò di un giorno, essendo stato quest' anno comune pei cattolici e bisestile pei dissidenti, e lo stesso avvenne nel 1800, così che ora nei paesi che ancora non accettarono la riforma la differenza di stile è di 12 giorni: il giorno che noi diciamo 15 agosto per esempio essi dicono 3 agosto.

56. I Protestanti di Germania abbracciarono la riforma gregoriana verso la fine del 17.° secolo. Ancora gl' Inglesi l' adottarono nel settembre del 1752 nel qual mese omisero gli undici giorni che costituivano la differenza tra il vecchio ed il nuovo stile. Presentemente in Europa si servono tutti del calendario riformato eccetto i Russi ed i Greci che non vollero ancora abbandonare l' antico; non che credano male eseguita o non necessaria la riforma, bensì per quell' odio verso la Corte Romana pel quale ancora i dissidenti germanici ed inglesi ricusarono la riforma stessa fin che i bisogni del commercio e i cresciuti lumi non li costrinse ad accettarla.

Interruzione del ciclo delle lettere domenicali.

57. Quando si omisero i 10 giorni nell' ottobre del 1582 non venne alterato il corso della settimana, ma

venne interrotto l' ordinario andamento del ciclo delle lettere domenicali. Infatti avendo il detto anno la G per lettera domenicale, il giorno 4 ottobre era giovedì e venerdì il giorno che ne divenne il 15, sabbato il 16 e domenica il 17. Ma il 17 ottobre nel calendario perpetuo è contrassegnato dalla lettera C; e però questa divenne la lettera domenicale pel rimanente di quell' anno. Ecco dunque come allora si passò dalla G alla C saltando le tre lettere intermedie F, E, D. Tale omissione alterò la preesistente corrispondenza tra il ciclo delle lettere domenicali e i numeri del ciclo solare, e quindi obbligò ad abbandonare quella e ad ordinarne una nuova. Avanti quell' epoca la relazione tra il ciclo solare e quello delle lettere domenicali era quale richiedevasi acciò all' anno 1.° del ciclo solare corrispondesse la coppia G F; dall' epoca medesima si dovette al 1.° anno del ciclo solare assegnare invece la coppia CB. Questi cambiamenti nella corrispondenza tra i numeri del ciclo solare e le lettere domenicali derivano dall' aversi ritenuto ancora nella riforma che il ciclo solare dovesse sempre procedere come se incominciati avesse i suoi giri nell' anno 9.° avanti l' era nostra.

58. In ciascuno di quegli anni secolari nei quali si omette la intercalazione interrompesi ancora la sussistente corrispondenza tra il ciclo delle lettere domenicali e i numeri del ciclo solare. Nel 1700 cessò la coppia CB di corrispondere al 1.° anno del ciclo, e in sua vece sottentrò la D C. Questa corrispondenza cedette parimente ad un' altra nel 1800, dal qual anno sino al 1900 il ciclo delle lettere domenicali principia colla coppia E D. Dal 1900 sino al 2100 principierà colla coppia F E, colla G F dal 2100 al 2200; ma a che far ridere il lettore

parlando d' anni così lontani in un libro che appena nato morirà ?

59. Quando si conosce la coppia con cui principia il ciclo delle lettere domenicali è facilissima cosa il distendere l' intiero ciclo, poichè le lettere che ne costituiscono i 28 termini hanno sempre un andamento rovescio relativamente a quello che hanno nell' alfabeto; inoltre dopo una coppia spettante ad un anno bisestile seguono sempre tre termini formati d' una sola lettera ciascuno e corrispondenti a tre anni comuni, quindi un' altra coppia per un altro bisestile, e così sino in fine. Qualunque poi sia la coppia che serve di primo termine, questo ciclo rientra in sè stesso come la circonferenza di un circolo, e il suo 28.° termine non può essere seguito se non da quella coppia che ne costituì il primo. Il ciclo delle lettere domenicali per conseguenza è sempre identico in qualsivoglia secolo: ma la sua corrispondenza coi numeri del ciclo solare varia, un dato numero ora corrispondendo ad un termine ed ora ad un altro del ciclo delle lettere domenicali.

60. Il seguente quadro mostra la corrispondenza tra il ciclo delle lettere domenicali e li 28 anni del ciclo solare, 1.° nel secolo corrente, 2.° nel secolo passato, 3.° nel tempo scorso dal 1582 al 1700, 4.° in tutti i secoli antecedenti alla riforma, 5.° per li due secoli futuri 20.° e 21.° Per determinare qual numero corrisponda del ciclo solare ad un dato anno si userà sempre della regola già insegnata (46), qualunque sia il secolo o l' epoca a cui spetta l' anno medesimo.

Ciclo delle Lettere Domenicali	*Sua corrispondenza col ciclo solare dall' anno*				
	1800 *al* 1900	1700 *al* 1800	1582 *al* 1700	1 *al* 1582	1900 *al* 2100
ED	1	17	5	25	13
C	2	18	6	26	14
B	3	19	7	27	15
A	4	20	8	28	16
GF	5	21	9	1	17
E	6	22	10	2	18
D	7	23	11	3	19
C	8	24	12	4	20
BA	9	25	13	5	21
G	10	26	14	6	22
F	11	27	15	7	23
E	12	28	16	8	24
DC	13	1	17	9	25
B	14	2	18	10	26
A	15	3	19	11	27
G	16	4	20	12	28
FE	17	5	21	13	1
D	18	6	22	14	2
C	19	7	23	15	3
B	20	8	24	16	4
AG	21	9	25	17	5
F	22	10	26	18	6
E	23	11	27	19	7
D	24	12	28	20	8
CB	25	13	1	21	9
A	26	14	2	22	10
G	27	15	3	23	11
F	28	16	4	24	12

Osservazioni intorno l' epoca dell' Equinozio di Primavera.

61. Quando Gregorio XIII. ordinò di omettere la intercalazione in tutti quegli anni secolari rappresentati da numeri non esattamente divisibili per 400 non intese di dare un mezzo che assolutamente ritenesse l' equinozio di primavera nel giorno 21 marzo, bensì che gl' impedisse di scostarsi oltre un certo determinato numero di ore dal detto giorno e che di poi ve lo rimettesse. L' epoca dell' equinozio nell' anno nostro civile non può essere immobile, ma deve, atteso la costituzione del calendario e la lunghezza dell' anno tropico interposta tra due consecutivi equinozj di primavera, oscillare continuamente: ma in queste oscillazioni non passa che dalla mattina del 20 marzo alla sera del 21 e da questa a quella.

62. Di due specie sono le dette oscillazioni: le une hanno una stretta relazione colle intercalazioni che si fanno ogni quarto anno, le altre colle tre intercalazioni che si omettono nello spazio di 400 anni. Per dare una idea di ambidue queste specie di oscillazioni, al ragionamento che si richiederebbe, preferisco estendere il seguente quadro, dalle prime sei linee del quale si rileverà quali sono le oscillazioni della 1.ª specie, e dalle altre sei quali sono quelle della 2.ª

Negli anni	*Epoche medie dell' equinozio di primavera.*			
1833	20 marzo	8 ore	48'	sera
1834	21	2	37	mattina
1835	21	8	26	mattina
1836	20	2	15	sera
1837	20	8	3	sera
1838	21	1	52	mattina
1900	21	2	22	mattina
2000	20	7	48	mattina
2100	20	1	14	sera
2200	20	6	40	sera
2300	21	0	6	mattina
2400	20	5	32	mattina

63. Nell' undecimo secolo i Persiani adottarono un metodo d' intercalare rimarcabile per la sua esattezza e attitudine a ritenere costantemente una data epoca astronomica in un giorno stabile dell' anno civile. Facevano bisestile il quarto anno per sette volte consecutive, ma invece di fare ancora l' ottava intercalazione alla maniera ordinaria nel quarto anno, la facevano nel quinto. Con queste otto intercalazioni in 33 anni attribuivano all' anno una lunghezza di 365 giorni e 8/33 di giorno, la quale appena supera quella determinata colle ultime osservazioni.

Restituzione dei novilunj ecclesiastici alla propria sede.

64. Con un semplice mezzo si liberò il calendario dal suo primo diffetto consistente nella retrogradazione del-

l' equinozio di primavera: ma non fu così semplice il rimedio che fu d' uopo usare per liberarlo ancora dal suo secondo difetto, dalla retrogradazione cioè dei novilunj ecclesiastici. Se si fosse trattato di fare un calendario per pochi anni, sarebbe bastato cambiare nel calendario perpetuo il posto ai numeri d' oro e ritenere l' antico metodo di determinare i novilunj. Ma il novello calendario doveva servire per un indefinito numero di secoli, e a così lungo servizio il detto metodo non reggeva. Si osservi infatti come i novilunj ecclesiastici devono retrocedere di un intiero giorno ogni 312 anni giuliani e sei mesi (49). Se dunque non fosse attivata la correzione gregoriana, dovrebbesi ogni 312 anni e mezzo fare retrocedere di un giorno tutti i numeri d' oro prefissi ai varj giorni del calendario perpetuo; ma è attivata, e ogni 400 anni si omettono tre giorni. Per rimettere i novilunj al posto in cui si ritrovavano al principio di questi 400 anni basterebbe omettere un giorno, 6 ore, 43' e 12''; omettendosi invece 3 giorni, ecco che i novilunj devono ogni 400 anni ritardare un giorno, 17 ore, 16' e 48'', quantità che corrisponde ad un intiero giorno di ritardo in ogni 232 anni gregoriani. Dovrebbonsi dunque nel calendario perpetuo ogni 232 anni far avanzare di un giorno tutti i numeri d' oro, qualora si volesse che segnassero le epoche dei novilunj. Ma nè pure questa sola mutazione basterebbe, perchè nell' intervallo di 232 anni, atteso la legge che regola la omissione dei suddetti tre giorni, ora si omette un solo giorno, ora se ne omettono due ed ora tre. Da ciò segue che col mezzo di una tale mutazione i novilunj ritornerebbero bensì alle epoche di prima al termine di un certo tempo moltiplice di 232 anni, ma che al terminare dei singoli 232 anni ne sarebbero gene-

ralmente distanti uno o due giorni. Queste considerazioni fecero conoscere che acciò il calendario perpetuo potesse segnare le epoche dei novilunj era assolutamente necessario cambiarne i contrassegni al principiare quasi d' ogni secolo.

65. Ma se le epoche dei novilunj cambiano nei differenti secoli, per necessaria conseguenza ancora le epatte corrispondenti ai numeri del ciclo metonico varieranno di secolo in secolo. Se ad un dato numero aureo corrisponde una certa epatta nel secolo corrente, dovrà corrisponderne un' altra più o meno diversa in un altro secolo, secondo che le notate cause avranno differentemente posticipate le epoche dei novilunj. Se le avranno posticipate di un giorno, l' epatta sarà minore di un' unità, se di due giorni, di due unità, ecc. Nel 1700 tutti i novilunj avvenivano un giorno più tardi che nel 1583; tutte adunque le reali epatte corrispondenti ai singoli numeri aurei si trovarono diminuite di un' unità. Nel 1900 tutti i novilunj avranno posticipato ancora di un altro giorno, e però ai singoli numeri aurei corrisponderanno epatte di un' unità minori di quelle che loro corrispondano nel secolo corrente. Una eguale posticipazione di un giorno avverrà nel 2100 e un' altra nel 2200, ecc., e ogni volta che si compie una tale posticipazione di un giorno, tutte le vere epatte corrispondenti ai numeri aurei rimangono diminuite di un' unità. Nell' antico calendario fondato sulla ipotesi della giustezza del ritrovamento metonico si supponeva che sempre corrispondesse la medesima epatta al medesimo numero aureo, non badando se essa esprimesse o no la vera età della lunazione al principiare dell' anno. Nel riformare il calendario si dovrà dunque ordinare che si attribuiscano differenti epatte ad un dato numero aureo nei differenti secoli, se si vorrà che le epatte esprimano

la vera età della lunazione al principiare dell' anno, e questo appunto si ordinò. Altre erano le epatte che si supponevano corrispondere agli aurei numeri nell' antico calendario, altre quelle che si fecero loro corrispondere dall' anno della riforma sino al 1700, altre quelle che si fanno corrispondere dal 1700 al 1900, ecc.

66. Gli illustri Matematici riformatori del calendario prepararono, frutto di lunghi e laboriosi calcoli, un gran quadro chiamato *Tavola estesa delle Epatte*, il quale contiene la mutua corrispondenza tra le epatte e gli aurei numeri per tutti i secoli passati e futuri. Io non voglio dilungarmi in rendere ragione di questo gran quadro e di ogni sua parte: sarebbe troppo tediosa e quasi inutile fatica; devo però estrarne e qui riferire almeno quattro file di epatte corrispondenti ai numeri aurei; la prima fila esprime la corrispondenza che sussisteva tra le epatte e gli aurei numeri al tempo del Concilio Niceno, nella 2.ª si hanno le epatte che corrispondevano agli aurei numeri dal 1582 al 1700; nella 3.ª quelle che vi corrispondono dal 1700 al 1900 e nella 4.ª quelle che vi corrisponderanno dal 1900 al 2100. La prima di queste file è preceduta dalla lettera P, la 2.ª dalla D, la 3.ª dalla C e la 4.ª dalla B. Nella mentovata *Tavola estesa* queste file sono appunto contrassegnate da tali lettere che servono di indici.

Numeri aurei	*Epatte corrispondenti*			
	dal 325 *al* 1582 P	*dal* 1582 *al* 1700 D	*dal* 1700 *al* 1900 C	*dal* 1900 *al* 2100 B
3	*	XXIII	XXII	XXI
4	XI	IV	III	II
5	XXII	XV	XIV	XIII
6	III	XXVI	XXV	XXIV
7	XIV	VII	VI	V
8	XXV	XVIII	XVII	XVI
9	VI	XXIX	XXVIII	XXVII
10	XVII	X	IX	VIII
11	XXVIII	XXI	XX	XIX
12	IX	II	I	*
13	XX	XIII	XII	XI
14	I	XXIV	XXIII	XXII
15	XII	V	IV	III
16	XXIII	XVI	XV	XIV
17	IV	XXVII	XXVI	25
18	XV	VIII	VII	VI
19	XXVI	XIX	XVIII	XVII
1	VIII	I	*	XXIX
2	XIX	XII	XI	X

67. La considerazione della insufficienza dell' antico metodo di segnare nel calendario perpetuo le epoche dei novilunj e del cambiamento che frequentemente avviene al variare dei secoli nella grandezza delle epatte corrispondenti agli anni metonici, suggerì di surrogare nel calendario perpetuo ai preesistenti numeri aurei il *ciclo delle epatte* e di cavare da queste il vantaggio che gli antichi Cristiani creduto avevano ritrarre da quelli. Già sappiamo che l' epatta di un anno è l' età della lunazione

al terminare dell' anno precedente (35). L' età di una lunazione non può superare i 30 giorni: le epatte adunque, intanto che nel calendario ecclesiastico esprimono intieri giorni, non possono essere più di 30, e devono essere rispettivamente rappresentate dalla serie dei numeri naturali 1, 2, 3, ecc. sino al 30 inclusivamente, tranne che a quest' ultimo numero potrà sostituirsi uno zero, poichè quando una lunazione ha 30 giorni è terminata e ne principia un' altra. Nel calendario per indicare un tale stato della lunazione non si usò nè il 30 nè lo zero, ma un asterisco (*), e ciò che dicesi *ciclo delle epatte* è la suddetta serie dei primi 29 numeri naturali disposti in ordine retrogrado: 29, 28, 27, e preceduti dal detto *. Ed ecco come desso è disposto nel calendario riformato.

68. Il 1.° gennaro è preceduto dall' *, il 2 dal 29, il 3 dall' 28, il 4 dal 27, il 5 dal 26, e così successivamente andando sempre in quest' ordine retrogrado e attribuendo a ciascun giorno il numero che un tale ordine richiede. Premessi così ai primi 30 giorni dell' anno i 30 termini del ciclo delle epatte, uno a ciascuno, si ricomincia un' altra volta il ciclo, preponendo l' * al 31 gennaro, il 29 al 1.° febbraro, il 28 al 2, e così via via sino all' ultimo termine, per ricominciare nuovamente il ciclo stesso e distenderlo alla stessa maniera, e continuare ugualmente sino al 31 dicembre. Ecco che cosa sono i numeri scritti generalmente alla romana e che precedono le lettere domenicali nei calendarj perpetui, quali sono quelli che si leggono in principio dei Messali e Breviarj e quale è pur quello che leggesi in fine di questo discorso.

69. Quando si adottò di porre nel calendario perpetuo il ciclo delle epatte s' intese di aggiungervi un congegnamento che potesse per tutti i futuri secoli annunziare le epoche

dei novilunj. Nell' antico calendario era il numero d' oro spettante ad un dato anno che pel corso dell' anno stesso mostrava tali epoche; nel nuovo deve invece indicarle la epatta spettante al dato anno. È dunque necessario che essa ritrovisi premessa ai singoli giorni in cui nel corso di detto anno occorrono i novilunj. Osserviamo se realmente lo sia. Dovendosi le lunazioni computare alternativamente le prime di 30 e le successive di 29 giorni, le une *piene* e le altre *cave*, tra il giorno del novilunio di una lunazione e il giorno del novilunio successivo devono interporsi 29 giorni, oppure 28, secondo che la detta lunazione è piena o cava. Affinchè una data epatta qualunque adempia al notato officio deve dunque primieramente incontrarsi nel perpetuo calendario ripetuta in modo che tra i due giorni immediatamente successivi a cui è premessa s' interpongano 29 giorni quando la lunazione deve essere piena e 28 quando deve essere cava. Ma se costantemente attribuivasi una epatta sola a ciascun giorno dell' anno, come supposi nel numero precedente, tra i due giorni suddetti s' interporrebbero sempre 29 giorni. Ma sei giorni dell' anno, invece di una sola, ebbero due epatte. Vedrete infatti ai giorni 5 febbraro, 5 aprile, 3 giugno, 1 agosto, 29 settembre e 27 novembre premesse le due epatte XXV e XXIV. Ciò fa che se tra i due giorni consecutivi aventi la epatta stessa una volta s' interpongono 29 giorni, la seconda volta se ne interpongano soli 28. Essendo così disposta ciascuna delle 30 epatte relativamente a tutte le altre pel corso di tutto l' anno, se la epatta di un dato anno qualunque è premessa a quel giorno di gennaro in cui avviene il primo novilunio, essa realmente indicherà le epoche ancora di tutti gl' altri novilunj dell' anno stesso. Per concludere

adunque intorno all' attitudine del ciclo delle epatte ad adempiere il notato officio basta che osserviamo se nel calendario perpetuo si verifica ancora quest' ultima condizione.

70. Un dato anno qualunque non può avere per epatta che uno dei trenta termini del ciclo delle epatte. Ora questo ciclo è premesso in maniera termine per termine ai primi 30 giorni di gennaro, che il primo novilunio ecclesiastico di un dato anno avente una determinata epatta deve realmente occorrere nel giorno stesso di gennaro al quale è dessa premessa. Se la epatta di esso anno è l' *, al primo di gennaro avverrà il novilunio, essendosi nel precedente giorno, come indica l' * stesso, terminata una lunazione: ma l' * è appunto premesso al 1.° gennaro. Se la epatta è XXIX, nel corso del primo giorno di gennaro compiesi la lunazione, e però al 2 avverrà il novilunio: ma a questo 2 è premessa l' epatta XXIX. Se la epatta è XXVIII, la lunazione dovrà compiersi il 2 gennaro, e quindi avverrà il novilunio il 3, al quale è premessa la epatta medesima. Ragionate in eguale modo per le singole 30 epatte, e la conclusione che dedurrete sarà che il primo novilunio ecclesiastico di un qualsivoglia anno avente una qualunque delle 30 epatte occorre realmente in quel giorno di gennaro al quale è premessa la epatta medesima. Dobbiamo dunque da tutto ciò concludere che col ciclo delle epatte si accoppiò al calendario perpetuo un congegnamento attissimo a indicare per un qualsivoglia anno le epoche di tutti i suoi novilunj. È questa perpetua attitudine che costituisce la superiorità del ciclo delle epatte sopra i numeri d' oro. Questi non sanno indicare i novilunj se non intanto che la loro corrispondenza colle epatte non si altera, e un calendario

fornito dei suddetti numeri aurei, anzi che in perpetuo, non potrebbe continuare che per un secolo solo o al più per due ad annunziare i novilunj. Ma un calendario munito del ciclo delle epatte è realmente perpetuo. Imperciocchè comunque si diversifichi nel volgere dei secoli la corrispondenza dei numeri d' oro alle epatte, un dato anno qualunque non può mai avere per epatta che uno dei trenta termini di esso ciclo, e pel corso di questo anno i novilunj devono succedere in quei giorni stessi ai quali nel calendario una tale epatta è premessa. Il merito che Luigi Lilio ebbe nella riforma del calendario fu specialmente quello di unire nella esposta maniera al calendario perpetuo il ciclo delle epatte.

Osservazioni intorno al Ciclo delle Epatte.

71. Nel Calendario perpetuo la Epatta XXV ritrovasi sempre scritta due volte, una volta in un carattere e l' altra in un altro. Se il ciclo è scritto in numeri romani, una volta è scritta essa pure alla romana e l' altra in cifre arabiche. Se poi è scritto tutto in numeri arabici, una volta è scritta col colore o con cifre di eguale dimensione delle altre epatte, e l' altra con differente colore o almeno con cifre più piccole. I due venticinque trovansi a canto l' uno dell' altro e premessi ambidue allo stesso giorno nei luoghi in cui non si fa l' accoppiamento delle due epatte XXV e XXIV; ma in quelli in cui si fa, il venticinque a canto al XXIV è scritto col carattere e colore ordinario, e nella riga precedente nella quale sta a canto alla epatta XXVI, è scritto in modo differente. Questi due venticinque si usano come due epatte diverse, nè può l' una far le veci dell' altra. Quantunque nel seco-

lo corrente non occorra mai questa epatta venticinque scritta in modo differente delle altre, acciò questi numeri non sembrino enigmi, ne renderò ragione. E comincio a premettere che col mezzo del ciclo delle epatte non si ottengono che le epoche *medie* dei novilunj, le quali se sempre sono prossime alle reali, non però sempre coincidono con esse; ma dovendo di ciò trattare da qui a poco, per ora basti questa avvertenza.

72. Nel corso dei 19 anni metonici non possono occorrere due novilunj in uno stesso determinato giorno dell' anno nostro civile; infatti la proprietà primaria del ciclo metonico sta nel dare il numero preciso di anni che devono scorrere avanti che si rinnovino i novilunj nei medesimi giorni dell' anno solare. Si mostra poi facilmente che quando uno dei 19 anni metonici ha per epatta il XXIV, un altro anno del ciclo stesso deve avere per epatta il venticinque, ma che non può in esso ciclo ritrovarsi eziandio un anno che abbia la epatta XXVI. Ciò posto osservate che se nel caso in cui entrano a costituire la stessa fila di *epatte corrispondenti* la XXIV e la venticinque si scrivessero ambidue alla maniera ordinaria, trovandosi sei volte queste due epatte accoppiate nel calendario perpetuo, nel corso dell' anno avente l' epatta ventiquattro si computerebbero sei novilunj in quei medesimi giorni dell' anno civile nei quali si computerebbero ancora nel corso dell' anno avente la epatta venticinque, il che sarebbe troppo contrario alla realtà della cosa. Per riparare a ciò, nell' esposto caso la epatta venticinque si scrive con carattere diverso, e nell' anno a cui corrisponde è questa 25 scritta in modo diverso che avverte delle epoche dei novilunj (Vedi la fila B del quadro del n. 66).

73. Ancora l' ultimo giorno di dicembre è preceduto da due epatte, dalla XX scritta alla maniera ordinaria e dalla 19 scritta in modo differente. Quest' ultima indica un novilunio quando al numero aureo 19 corrisponde la epatta XIX. In questo caso la lunazione embolismica che incomincia il 2 dicembre deve essere cava, e però deve reputarsi succedere un novilunio il 31 dicembre. La epatta XIX ritrovasi nella fila D delle epatte corrispondenti (66). Ma di questa fila che servì dal 1582 al 1700, quando un'altra volta si userà, volgerà il secolo 85.° dell' era nostra.

74. I Riformatori del calendario non iscelsero a caso le due epatte XXV e XXIV per accoppiare a canto ai sei giorni sopra notati (69), ma perchè servivano a preferenza delle altre a fare che la lunazione pasquale fosse quasi sempre cava, come la volevano i Padri del Santo Concilio Niceno. Per effetto di tale scelta non è piena la lunazione pasquale se non negli anni nei quali la epatta è la XXIV o pure la 25 che scrivesi in maniera differente dalle altre. Nel secolo corrente non può dunque mai occorrere una lunazione pasquale che sia piena, siccome non poteva nel secolo passato. Nei due secoli 20.° e 21.° occorreranno due lunazioni pasquali che saranno piene ad ogni rivoluzione del ciclo metonico (Vedi le file C e B delle epatte corrispondenti).

75. Gregorio XIII. approvò la tavola estesa delle epatte corrispondenti, e volle chè nel calendario perpetuo si surrogasse immediatamente il ciclo delle epatte agli aurei numeri e che in avvenire al variare dei secoli si variassero, sempre però in conformità dalla medesima tavola estesa, ancora le epatte corrispondenti. Consiste in questo la seconda ed ultima parte della riforma gregoriana del calendario perpetuo.

76. Per la omissione che si fece di dieci giorni dal 4 al 15 ottobre 1582 le vere epatte dovettero calare di 10 giorni. Infatti quella lunazione che per esempio avrebbe compiuto il suo 20.° giorno il 31 dicembre, avendo questo giorno anticipato 10 giorni, in esso 31 dicembre non poteva compiere che il suo decimo giorno. Se dunque la fila P delle epatte corrispondenti, secondo la quale venne l' anno 325 regolato l' antico calendario perpetuo, fosse stata ancora concorde con le vere epatte, per adattare tale fila al calendario gregoriano sarebbe bastato diminuire ciascuna di quelle 19 epatte di 10 unità. Ma abbiamo già notato che le epoche dei novilunj avvenivano quattro giorni prima di quello richiedessero quelle epatte; erano cioè le epatte aumentate di quattro unità. Nel dedurre adunque dalla fila P la fila D che servisse nel calendario riformato dall' anno della riforma sino al 1700 dovevansi diminuire le singole epatte non di 10 ma solamente di 6 unità. Ma invece i Riformatori credettero miglior partito diminuirle di sette unità, computando che i novilunj all' epoca della riforma anticipassero non 4 giorni ma solamente 3. Ciò apportò nel calendario riformato questo che può sembrare una inesattezza: i novilunj reali succedono generalmente il giorno antecedente a quello in cui secondo il calendario dovrebbero succedere. Il novilunio che la epatta mi indica pel 4 gennaro per esempio, è generalmente avvenuto il giorno precedente 3. I Riformatori nel distendere la tavola estesa ebbero più sollecitudine di prevenire il pericolo che si celebrasse qualche volta la Pasqua nel giorno 14.° della prima lunazione nel quale giorno la celebrano gli Ebrei, che della astronomica esattezza. Usando epatte minori di un' unità delle vere, noi diciamo 1.° giorno della lunazione al 2.° e quindi 14.° al 15.°,

e così rimane affatto allontanato il suddetto pericolo. E a questo proposito avvertiamo ancora che le epoche che si possono ottenere per mezzo delle epatte e di qualsivoglia altro ciclo sono non le *vere*, ma le *medie*. Le epoche vere oscillano sempre intorno alle medie, quelle avvenendo ora avanti ora dopo di queste, e i Riformatori vollero premunirsi contro gli effetti di tali oscillazioni. Pare non ostante che così facendo siansi allontanati dalla mente del Pontefice Gregorio XIII. il quale voleva che il suo calendario fosse conforme per quanto era possibile alla esattezza astronomica. Si deve inoltre osservare che se col fare le epatte minori delle vere di un' unità si previene il pericolo di celebrare la Pasqua nel 14.° giorno della lunazione, s' incorre quello di differirla sino dopo il 21.° giorno della lunazione, contro l' intenzione del Concilio Niceno, come pure l' altro di celebrarla un mese avanti l' epoca prescritta dal Concilio stesso, ciò che deve accadere se, essendo la epatta ecclesiastica XXIII, la vera è XXIV.

77. La Chiesa Greca volle attribuire il numero d' oro 1 all' anno del Concilio Niceno. Ciò fece che nell' antico calendario l' epatta che indicasi con l' * corrispondesse all' aureo numero 3. La Chiesa Latina, che all' epoca di detto Concilio aveva attribuito il numero d' oro 1 all' anno avente per epatta l' *, si conformò essa pure verso la fine del 6.° secolo alla maniera dei Greci ad insinuazione del Monaco Dionigi Exiguo che riformò il calendario della Chiesa Latina uniformandolo a quello della Chiesa Greca. Se volete sapere, cosa che potrebbe abbisognare in qualche quistione gronologica, quali fossero i luoghi occupati dai numeri aurei nell' antico calendario, ecco come facilmente il potete. I luoghi occupati nel riformato calen-

dario dalle 19 epatte della fila P, nell' antico calendario si occupavano rispettivamente dai 19 numeri aurei corrispondenti ad esse epatte; così tutti quei giorni che nel calendario riformato sono preceduti dall' *, nell' antico lo erano dall' aureo numero 3, tutti quelli preceduti dall' epatta XI, lo erano invece dall' aureo numero 4, e così dite di tutti gli altri.

Come si determini il giorno di Pasqua col mezzo del Calendario perpetuo riformato.

78. È facilissima la determinazione del giorno in cui deve celebrarsi la Pasqua in un anno dato qualunque, purchè se ne conosca la epatta e la lettera domenicale e si abbia il calendario perpetuo riformato. Ho indicato come ritrovansi per un dato anno qualunque e il numero d' oro (34) e il numero del ciclo solare (46). Se dunque al vostro calendario sono congiunti i quadri delle corrispondenze tra le epatte e gli aurei numeri (66) e tra il ciclo delle lettere domenicali e i numeri del ciclo solare pel secolo a cui spetta il dato anno (60) o pure se sapete distendere i quadri di tali corrispondenze pel secolo stesso, ecco che subito rilevate e la epatta e la lettera domenicale del dato anno. Nota la epatta, osservate a quale giorno è premessa cominciando dall' 8 marzo inclusivamente sino al 5 aprile pure inclusivamente. Ad uno di questi giorni è necessariamente premessa, e in esso avviene il novilunio pasquale. Principiando da questo giorno e progredendo innanzi numerate sino al 14.° giorno. Se la lettera che trovate a canto a questo giorno è la domenicale del dato anno, la Pasqua si celebra l' ottavo giorno susseguente, se poi è un' altra qualunque, la

Pasqua deve celebrarsi nel primo giorno che incontrate che sia preceduto dalla detta lettera domenicale.

79. Per dare un esempio, sia proposto di determinare in qual giorno si celebrerà la Pasqua nell' anno 1845. Coi metodi esposti ritrovo che il detto anno è il 3.° del ciclo lunare e il 6.° del solare. Nel nostro secolo all' aureo numero 3 corrisponde la epatta XXII, e al numero 6 del ciclo solare la lettera E. Ciò sapendo, apro il calendario perpetuo e vedo premessa al 9 marzo la epatta XXII, indizio che un tal giorno è il 1.° della lunazione pasquale, di cui per conseguenza sarà 14.° il 22 marzo. A questo giorno trovo premessa la lettera D e però la E al successivo 23 il quale per conseguenza sarà il giorno di Pasqua.

80. Con l' esposto metodo e non servendovi che del calendario riformato potrete determinare l' epoca della Pasqua non solamente per gli anni posteriori alla riforma gregoriana e per li paesi nei quali venne adottata, ma eziandìo per gli anni anteriori alla medesima e per li paesi nei quali si ritiene ancora l' antico calendario; purchè in ciò fare prendiate la epatta corrispondente al numero aureo dell' anno relativamente al quale volete risolvere il problema dalla fila P del quadro del numero 66, e la lettera domenicale corrispondente al numero del ciclo solare conformemente alla 4.ª fila del quadro del numero 60, da quella cioè che servì a tutta la Chiesa dal suo principio sino all' anno della riforma.

Avvertenze intorno l' epoca dei novilunj.

81. Ho esposto nel numero 76 che le epatte ecclesiastiche sono minori delle vere di un' unità, e che per conseguenza i novilunj da esse indicati e che diconsi *no-*

vilunj ecclesiastici o *artificiali* avvengono generalmente il giorno posteriore a quello in cui accadono i veri novilunj. Da ciò segue che il *medio giorno* di un qualunque novilunio è quello che immediatamente precede il giorno del corrispondente novilunio ecclesiastico. A canto a questo che diciamo essere il medio giorno del novilunio, atteso la disposizione del ciclo delle epatte nel calendario, trovasi un' epatta che supera di una unità l' epatta che annunzia i novilunj ecclesiastici. Questo deve insegnare chiunque vuol giovarsi del calendario perpetuo per determinare i medj giorni dei novilunj per un anno dato, a usare all' uopo di una epatta che superi di un' unità quella di cui servesi la Chiesa in esso anno. Ma sappia che ancora così facendo non determinerà che i medj giorni dei novilunj, e che questi avverranno bensì il più delle volte in essi giorni, ma che potranno eziandio avvenire alcune ore prima o alcune ore dopo i giorni medesimi. Per gli usi dei calendarj ecclesiastici e civili le epoche prossime dei novilunj cogli esposti metodi determinate hanno tutta quella giustezza che si può bramare, e la mancanza di rigore astronomico, d' altronde affatto superflua per tali calendarj, è abbondantemente ricompensata dalla facilità con la quale leggonsi in ogni momento nel calendario perpetuo le epoche medesime.

82. Gli Astronomi distinguono *lunazioni vere* e *lunazioni medie*, come pure *epoche vere* e *epoche medie* delle differenti fasi lunari, dei novilunj cioè, delle quadrature e dei plenilunj. Alle lunazioni medie attribuiscono quella durata che si ottiene dividendo la durata di un grandissimo numero di lunazioni pel numero medesimo. Tale durata è, come già sappiamo, 29 giorni, 12 ore, 44' e 3". Per lunazione vera intendono il preciso tempo che

scorre tra due novilunj successivi. Questa durata può differire in più o in meno da quella della media lunazione per causa delle molte perturbazioni a cui è soggetto il moto lunare, e per determinarla ricercasi un calcolo apposito per le singole lunazioni. Le epoche medie delle varie fasi lunari sono quelle in cui succederebbero le fasi stesse, se tutte le lunazioni avessero una durata uguale alla media. Le vere epoche delle fasi poi sono quelle che esprimono il vero momento in cui succedono. Gli Astronomi sogliono prima determinare col calcolo le epoche medie delle differenti fasi, quindi dalle *medie* salgono alla determinazione delle *vere*. Ma queste *medie epoche astronomiche* differiscono assai meno dalle *vere* di quello differiscano le epoche che si ottengono con l' esposto ciclo delle epatte. In varj Almanacchi si sogliono dare queste medie epoche astronomiche, ed io voglio accennarvi la maniera di determinarle.

Epatte astronomiche.

83. Le epoche dei medj novilunj astronomici si determinano col mezzo di epatte che diconsi *astronomiche* per distinguerle dalle ecclesiastiche. Ancora le epatte astronomiche non altro sono che la età della lunazione media astronomica al momento che principiano gli anni civili. Nota essendo la epatta astronomica di un anno dato, per determinare l' epoca del primo novilunio che occorrerà basta sottrarre dalla durata di una media lunazione, cioè da 29 giorni, 12 ore, 44' e 3", la epatta medesima: il residuo che otterrete esprimerà la media epoca della fine della lunazione che era in corso al principio dell' anno e conseguentemente ancora del detto primo novilunio. Aggiungete ora a questa epoca trovata la media durata di una

lunazione, e sottraete i giorni 31 di gennaro, nel residuo avrete la media epoca del 2.° novilunio del dato anno. A questa epoca aggiungendo nuovamente la durata di una media lunazione e levando dalla somma la durata di febbrajo cioè 28 giorni se l' anno è comune e 29 se bisestile, otterrete la epoca del 3.° novilunio medio astronomico. Per ottenere le epoche dei novilunj successivi opererete in modo eguale, e vedesi come, continuando in questa maniera, dalla determinazione dell' ultimo novilunio dell' anno dato potrete passare a quella del 1.° dell' anno susseguente, e da questa a quella di tutti gli altri dell' anno stesso e degli anni successivi senza limite veruno.

84. Se poi conoscendo la epatta di un anno dato, voleste determinare quella dell' anno susseguente, aggiungete alla epatta nota l' eccesso del dato anno civile sopra la durata di dodici medie lunazioni, il quale eccesso, se il detto anno è comune, è 10 giorni, 15 ore, 11' e 25", e se bisestile, è 11 giorni, 15 ore, 11' e 25". Se la somma così ottenuta è minore di una lunazione media, essa sarà la epatta cercata, se uguaglia una media lunazione, la epatta sarà = 0, e succederà il novilunio medio al punto di mezzanotte dal 31 dicembre al 1.° gennajo, e se maggiore, la cercata epatta sarà il suo eccesso sopra la media lunazione. In analoga maniera, essendo nota la epatta di un dato anno, determinerete la epatta del 2.°, del 3.°, del 4.°, ecc. anno successivo aggiugnendo alla nota epatta ciascuno degli eccessi di ognuno degli anni frapposti sopra le sue corrispondenti dodici lunazioni medie e sottraendo dalla somma, se essa supera una media lunazione, una o più volte la media lunazione stessa, finchè abbiate per residuo una quantità minore di una media lunazione o pure

lo zero. Tale residuo sarà la epatta cercata. In queste operazioni computerete gli anni comuni di 365 giorni e li bisestili di 366.

85. Nella prima fila del seguente quadro non ritrovansi che i millesimi dei venti anni prossimi futuri. Nella 2.ª avrete le corrispondenti epatte astronomiche calcolate pel punto di mezzanotte tra il 31 dicembre ed il 1.º gennajo, nel qual punto si reputa che finisca il precedente e principii il nuovo anno civile. Nella 3.ª avrete le corrispondenti epatte ecclesiastiche. Nella 4.ª finalmente leggerete le epoche in cui si celebrerà la Pasqua negli anni medesimi.

Anni	*Epatte Astronomiche*				*Epatte Eccle-siastiche*	*Epoche della Pasqua*
	Giorni	*Ore*	*Minuti*	*Secondi*		
1835	1	7	50	7	I	19 Aprile
1836	11	23	1	32	XII	3 Aprile
1837	23	14	12	57	XXIII	26 Marzo
1838	4	16	40	19	IV	15 Aprile
1839	15	7	51	44	XV	31 Marzo
1840	25	23	3	9	XXVI	19 Aprile
1841	8	1	30	31	VII	11 Aprile
1842	18	16	41	56	XVIII	27 Marzo
1843	29	7	53	21	*	16 Aprile
1844	10	10	20	43	XI	7 Aprile
1845	22	1	32	8	XXII	23 Marzo
1846	3	3	59	30	III	12 Aprile
1847	13	19	10	55	XIV	4 Aprile
1848	24	10	22	20	XXV	23 Aprile
1849	6	12	49	42	VI	8 Aprile
1850	17	4	1	7	XVII	31 Marzo
1851	27	19	12	32	XXVIII	20 Aprile
1852	8	21	39	54	IX	11 Aprile
1853	20	12	51	19	XX	27 Marzo
1854	1	15	18	41	I	16 Aprile

86. Il seguente quadro presenta le epoche dei novilunj ecclesiastici e dei medj novilunj astronomici degli anni 1835 e 1836. Le epoche de' medj novilunj astronomici furono calcolate colla maniera suggerita al numero 83, colla quale potrete fin che vi piacerà protrarre esso quadro che si destina unicamente a servirvi di scorta le prime volte che farete di questi computi. Le medie epoche astronomiche sono seguite da una *m* o da una *s*. La prima significa = *di mattina* e la seconda = *di sera*.

Mese	*Novilunj del* 1835					*Novilunj del* 1836				
		Medj astronomici					*Medj astronomici*			
	Ecclesiastici	*Giorno*	*Ore*	*Minuti*	*Secondi*	*Ecclesiastici*	*Giorno*	*Ore*	*Minuti*	*Secondi*
Gennaro	30	29	4	53	56 m.	19	18	1	42	30 s.
Febbraro	28	27	5	37	58 s.	17	17	2	26	33 m.
Marzo	30	29	6	22	1 m.	19	17	3	10	36 s.
Aprile	28	27	7	6	5 s.	17	16	3	54	39 m.
Maggio	28	27	7	50	8 m.	17	15	4	38	42 s.
Giugno	26	25	8	34	11 s.	15	14	5	22	45 m.
Luglio	26	25	9	18	14 m.	15	13	6	6	48 s.
Agosto	24	23	10	2	17 s.	13	12	6	50	51 m.
Settemb.	23	22	10	46	20 m.	12	10	7	34	54 s.
Ottobre	22	21	11	30	23 s.	11	10	8	18	57 m.
Novemb.	21	20	0	14	26 s.	10	8	9	3	0 s.
Dicemb.	20	20	0	54	27 m.	9	8	9	47	3 m.

Delle epoche dei Plenilunj e delle Quadrature.

87. Se all' epoca di un medio novilunio astronomico si aggiunge la metà della durata di una media lunazione,

cioè 14 giorni, 18 ore, 22' e 2", si ottiene l'epoca del medio plenilunio successivo, se invece se la sottrae, si ottiene l'epoca del medio plenilunio precedente. Così aggiugnendo la detta metà all' epoca del primo novilunio del 1835 si trova che il plenilunio successivo avverrà la sera del 12 febbrajo a 11 ore, 15' e 58"; e sottraendola, che il plenilunio precedente succede la mattina del 14 gennajo a 10 ore, 31' e 55".

88. Le epoche delle medie quadrature si ottengono in maniera analoga. Aggiugnendo all' epoca di un qualunque medio novilunio la 4.ª parte della durata di una media lunazione, cioè 7 giorni, 9 ore, 11' e 1" si ottiene l' epoca della 1.ª quadratura, e sottraendola si ottiene l'epoca dell' ultima quadratura della lunazione precedente.

Del nome delle lunazioni e delle influenze lunari.

89. La Chiesa dà il titolo di *prima lunazione* o di *primo mese* a quella lunazione che abbiamo varie volte chiamata *pasquale* e che fa il suo 14.° giorno ai 21 di marzo o immediatamente dopo. Pare adunque che le altre dovrebbero chiamarsi rispettivamente *seconda*, *terza*, *quarta* ecc. secondo l'ordine di successione. Ma la Chiesa che nella pubblica sua liturgia vuole che si annunzi ogni giorno la età della lunazione, non usa mai verun epiteto per distinguere lunazione da lunazione; maniera filosofica, seguita da tutti gli Astronomi e da quanti scrivono almanacchi per persone dotte, i quali se indicano diligentemente le fasi della luna, non danno mai alle lunazioni qualificazione veruna.

90. Gli antichi scrittori di calendarj denominavano le lunazioni dal mese in cui terminavano, inerendo a quella

vecchia regola: *in quo completur*, *mensi lunatio detur*, secondo la quale la lunazione pasquale non può mai essere quella di marzo, ma generalmente quella di aprile e qualche volta quella di maggio.

Molti dei moderni si regolano differentemente: chiamano *luna di marzo* la lunazione pasquale, e chiamano le lunazioni susseguenti dai nomi dei successivi mesi, *luna di aprile*, *luna di maggio*, ecc., e negli anni embolismici ad una delle 13 lunazioni danno l'epiteto di embolismica. Da ciò viene che frequentemente la lunazione denominata da un dato mese principia nel mese susseguente e termina nell'altro che viene dopo. Per esempio la lunazione pasquale principia alle volte in aprile e termina in maggio. La maniera degli antichi è migliore e più conforme alla verità, poichè in ogni mese, eccetto forse alcuna rarissima volta in febbrajo, compiesi qualche lunazione. Ma qualunque metodo si tenga in proposito, una data lunazione sia detta luna di marzo o luna di maggio, per chi sa qualche cosa è affatto indifferente, essendo sempre il medesimo astro e sempre dotato della medesima vaghezza che compie le sue rivoluzioni. Che cosa dirà a questo punto chi attribuisce tante influenze alla luna? chi attribuisce a quella di un mese influenze differenti che a quella che porta il nome di un altro mese? Si giudichi dal vago ed incerto metodo con cui si denominano le lunazioni quale fede meriti chi predice un maggio freddo perchè la lunazione di maggio non principia che agli ultimi di esso mese o ai primi di giugno, o pure un ottobre caldo perchè la lunazione di settembre è appena incominciata quando principia ottobre, o simili scempiaggini. Ma vi sono ancora almanacchi assai ricercati dal volgo che cercano mantenere in credito tali sciocchezze:

ai loro autori, poveretti, mancherebbe la pagnotta se il volgo scoprisse la falsità dei loro proverbj e la impostura delle loro predizioni.

91. Il mio Lettore qui forse dirà che ho fatto una scappata, ma me ne duole così poco, che prima di ritornare a bomba voglio rispondere ancora a questa dimanda che dai giovani suol farsi: la luna non esercita ella delle influenze sopra le cose terrestri? Sì, ne esercita, e non di poco rilievo, ma rilevantissime. Dirada le tenebre di buona parte delle notti, rende più bello e più vario lo spettacolo del cielo notturno, e colle sue fasi ci può servire in certa maniera di almanacco. Queste, che più propriamente si diranno utilità che ci derivano dalla luna, che non influenze, sono note e care ad ognuno. Tre altri notevolissimi effetti si operano dalla luna sul globo terrestre col mezzo della sua attrazione. Chi abita presso le spiagge marittime o viaggiò per mare sa quale e quanto grande fenomeno sia il flusso e il riflusso del mare. Questo quotidiano fenomeno è cosa indubitabile che per la massima parte è causato dall' attrazione lunare (Astr. 317 . . . 336). Due altri fenomeni d'un altissimo interesse in astronomia e che ebbero una completa e indubitale spiegazione nella teorica newtoniana, la *precessione degli equinozj* e la *nutazione dell' asse terrestre* dipendono il primo per la massima parte e il secondo intieramente dalla forza con cui la luna continuamente attrae la materia costituente il rialzamento equatoriale della terra (Astr. 312 . . 316). Pare che la luna possa produrre una specie di flusso e riflusso ancora nell' atmosfera, ma non avendo noi osservazione alcuna che ce ne indichi la sussistenza ed essendo a questo aereo moto contrarj i risultamenti dei calcoli di La Place, dobbiamo dire che questa influ-

enza lunare o non sussiste assolutamente o è piccola in maniera da essere indiscernibile. Ecco quali e quante sono le influenze della luna: essa non ne ha verun' altra. Ma il popolo o non bada alle accennate influenze o non le conosce, e invece ne attribuisce alla luna mille altre, sopra il bello ed il cattivo tempo, sopra i vegetabili, sopra gli animali e sopra tante altre cose, delle quali la numerazione sarebbe ugualmente lunga che inutile. Queste credenze plebee sono i rimasugli delle antiche opinioni, sostenute poi e tramandate sino a noi dalle scuole anteriori al risorgimento della buona filosofia, nelle quali l' astronomia non era che astrologia, i fenomini fisici non si attribuivano che a cause occulte e a sortilegi, e le altre facoltà in diatribe consistevano ed in chiacchiere non ad altro opportune che ad allontanare il giovane da quanto devesi studiare per giungere alla cognizione del vero e a fargli credere che la sapienza consistesse in parole misteriose e in sofisticherie. Ma dopo che si apprese come debbonsi studiare le scienze e che il buon gusto esiliò le occulte cagioni e le fatucchierie dalle scuole, l' astronomo si internò mirabilmente nella cognizione dell' universo e giunse a rendere piena ragione della costituzione del medesimo, e a tanto lume di cognizioni le astrologiche e misteriose influenze degli astri si annientarono intieramente per l' astronomo. Il Fisico poi non ammettendo più se non quanto le accurate osservazioni e le sperienze gl' insegnano, per decidere se le supposte influenze degli astri esistessero si diede a consultare attentamente e indefessamente l' osservazione, e questa gli mostrò in una maniera che non ammette dubbio veruno che gli astri, non esclusi i pianeti, nè le comete, nè la luna, non hanno veruna delle supposte influenze sul bello o cattivo

tempo, nè sopra noi, o gli altri animali, nè sulla vegetazione, nè in verun' altra di quelle cose nelle quali superstiziosamente il volgo li crede influire. Se il Lettore trova difficoltà in ammettere questo risultamento degli studj dei più insigni filosofi che onorano questi ultimi tempi vedendolo così opposto ad una credenza tanto radicata ed antica, intraprenda egli stesso una piccola serie di osservazioni e di prove, e le intraprenda pure intorno alla luna a cui si attribuiscono le maggiori influenze, che presto, ancora suo mal grado, sarà costretto a confessare vero l' esposto risultamento, purchè abbia tanto di senno che basta per prestare fede maggiore ai proprj sensi che alle altrui asserzioni. Infatti vedrà avvicendarsi il bello col cattivo tempo, scorrere intieri mesi senza che cada una stilla di pioggia, piovere per intiere settimane, occorrere varie altre meteorologiche vicissitudini, e tutto ciò senza che mai vi possa scorgere una dipendenza od un minimo legame colle fasi o posizioni o età della luna. Vedrà i vegetabili, purchè siano posti in terreno eguale e incontrino eguali circostanze atmosferiche, vegetare ugualmente rigogliosi qualunque fosse la luna o piena o vota o crescente o calante quando vennero seminati o trapiantati. Beva le uova appena nate, che le ritroverà piene ancora quando la luna è vota; le beva stantie, che le ritroverà sceme quantunque nate in luna piena. Il legname da ardere o da fabbricare gli riuscirà egualmente seccabile e combustibile, compatto e durevole qualunque sia lo stato della luna, purchè sia eguale lo stato della stagione quando vien tagliato e sia eguale il terreno in cui crebbe. Faccia simili osservazioni sopra qualsivoglia cosa su cui sospetta aver la luna qualche influenza, che sarà sempre uguale la conclusione a cui sarà con-

dotto. Se la luna avesse simili influenze, è certo che le dovrebbe discernere ancora chi appositamente le ricerca: mà costui non le ha mai potuto discernere; prova evidentissima che esse assolutamente non sussistono. Chi crede in simili influenze non fece mai i confronti necessarj per conoscere se sussistano o no; ma stabilì in sua mente sino dalla sua gioventù che certe operazioni devono farsi in luna crescente ed altre in luna calante se aver devono un esito felice, e sempre di poi si guardò scrupolosamente dal trasgredire la legge che volontariamente erasi imposta. Succede delle influenze lunari e di quelle di qualsivoglia astro, quanto delle fatucchierie, apparizioni di morti, corrispondenze con demonj, virtù di amuleti, dipendenze dei numeri del lotto dai sogni e dagli eventi della giornata e simili scempiaggini, le quali cose tutte assolutamente non esistono se non nella matta immaginativa di chi le crede. E qui si rifletta ancora un istante che se il fatto dimostra l' insussistenza delle influenze lunari, non la dimostra meno la ragione. Se la luna influisse, lo farebbe specialmente colla sua attrazione. Se poi l' attrazione lunare potesse operare alcuno dei supposti effetti, li dovrebbe operare ogni giorno, nella maniera stessa che ogni giorno produce le maree. Infatti la luna nasce e tramonta quotidianamente al pari del sole e delle stelle. Ma se quotidianamente si porta in eguali posizioni relativamente a noi, perchè solamente di settimo in settimo giorno o di quindicesimo in quindicesimo la sua attrazione avrà un effetto? Si dirà che la luna non è sempre ugualmente distante. È vero, ma le sue diverse distanze non hanno veruna corrispondenza colle sue fasi, e quando si attribuirono alla luna influenze misteriose, niente sapevasi intorno alle variazioni delle distanze me-

desime. Queste variazioni inoltre non sono tali che se in una distanza può influire, non lo debba ancora in ogni altra: le maree succedono ogni giorno, e la diversa distanza altro non fa che alterarne alquanto la grandezza. L'attrazione inoltre che la luna esercita sopra i corpi situati sulla terrestre superficie è una quantità sommamente piccola ed ogni suo effetto deve limitarsi in produrre di sei in sei ore una alterazione affatto insensibile nel peso dei corpi. La estrema piccolezza di questo effetto si deduca da questo che i pendoli non se ne accorgono, nè pure i pendoli, strumenti eminentemente atti ad avvertirci di ogni minima alterazione che avvenga nella gravità che li muove. Nè questo effetto lunare, quantunque avesse una sensibile intensione, potrebbe produrre gli effetti che si vogliono derivare dalle influenze lunari. Nei vegetabili per esempio quale modificazione apporterebbe una piccola alterazione nel peso degli umori, se a fronte della molecolare o capillare attrazione e della forza di affinità, per le quali questi umori circolano dalle radici alle frondi e da queste a quelle, e si decompongono nei loro elementi e somministrano l'alimento opportuno alle singole parti del vegetabile, è un niente ancora la terrestre gravità? Alcuno vorrà spiegare le supposte influenze lunari col mezzo della luce che la luna invia sulla terra. Ma sappia costui che questa luce emana dal sole, che la luna non fa che rifletterla sulla terra come farebbe uno specchio, che non ne altera punto la natura o le proprietà e che questa luce è così poca cosa comparativamente a quella che sulla terra giunge direttamente dal sole, che non potrebbe avere che una influenza eguale a quella che l'aggiunta di una goccia di acqua eserciterebbe sulla pienezza del Po. Nè si dirà che la luna influ-

isca per mezzo del calorico che invia sulla terra, perchè, se pure ce ne invia, non è esso sensibile nè meno ai termoscopj dotati della più squisita sensibilità. Ma se non può produrre le supposte influenze nè con l'attrazione, nè colla luce, nè col calorico, con quale altro mezzo le produrrà? Con occulte virtù, soggiungerà l'amico delle lunari influenze, e con queste virtù la luna cagionerà tutti quegli effetti che voi fisici attribuite al calorico, alla elettricità, al diverso nutrimento, alla differente umidità, ecc.; e se alle volte opera ed altre no, avrà essa una volontà per la quale ora ne userà ed ora no. Mi accorgo che il mio discorso assumerebbe un' aria troppo comica: ritornerò quindi al calendario, lasciando che il giovane Lettore deduca da questo episodio fra le altre cose ancora quale stima debba fare degli almanacchi nei quali ad ogni fase della luna si predice la qualità del tempo che ne deve derivare.

Formole del Signor Gaus per determinare l' epoca della Pasqua.

92. Ancora ignorando intieramente quanto ho fin qui esposto, si può col seguente metodo che un bravo Matematico, il Signor Gaus, dedusse dalla riferita teorica del calendario perpetuo, determinare facilissimamente l' epoca della Pasqua per un dato anno qualunque anteriore o posteriore alla correzione gregoriana.

Dividasi il numero esprimente l' anno dato per 19, e sia *a* il residuo di questa 1.ª divisione.

Dividasi lo stesso numero per 4, e sia *b* il residuo di questa 2.ª divisione.

Dividasi ancora lo stesso numero per 7, e sia *c* il residuo di questa 3.ª divisione.

Dividasi poi ($19a + M$) per 30, e sia d il residuo di questa 4.ª divisione. (Si riferiranno subito i valori di questa M e della N di cui pure useremo).

Dividasi finalmente ($2b + 4c + 6d + N$) per 7, e sia e il residuo di quest' ultima divisione.

Il giorno di Pasqua pel suddetto anno sarà il ($22 + d + e$) di marzo o pure il ($d + e - 9$) di aprile.

93. Se l' anno dato è anteriore alla correzione gregoriana, o pure se, quantunque posteriore, la soluzione del problema si riferisce a paesi nei quali la correzione stessa non sia accettata, nel calcolo si fa $M = 15$ e $N = 6$.

94. Ma se l' anno dato è posteriore alla detta correzione e si tratta di determinare l' epoca della Pasqua secondo il calendario riformato, alle lettere M e N nel suddetto computo si devono nei differenti secoli attribuire differenti valori. Eccone una piccola tavola.

Dal 1582	al 1699	$M = 22$,	$N = 3$
— 1700	— 1799	— — 23,	— — 3
— 1800	— 1899	— — 23,	— — 4
— 1900	— 1999	— — 24,	— — 5
— 2000	— 2099	— — 24,	— — 5
— 2100	— 2199	— — 24,	— — 6
— 2200	— 2299	— — 25,	— — 0
— 2300	— 2399	— — 26,	— — 1
— 2400	— 2499	— — 25,	— — 1

95. Se per un esempio voleste l' epoca della Pasqua del 1855, operando nella indicata maniera ritroverete $a = 12$, $b = 3$, $c = 0$, $d = 11$, $e = 6$. Quindi l' epoca cercata sarà il ($22 + 11 + 6$) $= 39$ di marzo,

epoca che ben vedesi essere l' 8 di aprile, la quale parimente si ottiene dalla 2.ª formola, secondo la quale il giorno cercato è l' (11 + 6 — 9) = 8 di aprile.

Se il proposto calcolo desse pel giorno di Pasqua il 26 aprile, bisognerebbe diminuire di 7 un tale numero, perchè la Pasqua sarebbe invece il 19 di esso mese.

Delle epoche delle altre feste mobili.

96. Quando conoscete l' epoca della Pasqua per un dato anno, nulla di più facile del determinare, servendovi del calendario perpetuo, ancora le epoche delle altre feste mobili, poichè il numero dei giorni che devono frapporsi tra la Pasqua e una data festa mobile è determinato e non varia mai. Partendo dal giorno stesso di Pasqua, che computerete come 1.° e retrocedendo verso il principio dell' anno numerate i giorni. Il 47.° di questi è sempre il *giorno delle ceneri* e il 64.° quello della *settuagesima*. Facendo questa numerazione si dovrà numerare con gli altri ancora il giorno intercalare se l' anno è bisestile, quantunque questo giorno non sia notato nel calendario perpetuo. Prendendo pure come 1.° il giorno di Pasqua, numerate i giorni ancora andando verso la fine dell' anno. Nel 40.° di questi avrete la festa dell' Ascensione, nel 50.° quella della Pentecoste e nel 61.° quella del *Corpus Domini*. L' Avvento principia nella domenica che accade tra il 27 novembre inclusivamente e il 3 dicembre pure inclusivamente. Le *tempora di autunno* sono il mercoledì, venerdì e sabbato immediatamente posteriori al 14 settembre.

Della Lettera del Martirologio.

97. La lettura del Martirologio nella pubblica quotidiana liturgia è sempre preceduta dalla indicazione della età della lunazione ecclesiastica, età che annunciasi colle parole: *luna prima*, *luna secunda*, *luna tertia*, ecc. le quali significano giorno primo, secondo, terzo, ecc. della lunazione, nel qual significato furono usate da alcuni Classici latini e da tutti gli scrittori di calendarj.

98. Affinchè una tale indicazione venisse regolarmente fatta, era necessaria una maniera facile di ottenere prontamente per ogni giorno dell' anno la età della lunazione. Questa maniera si ritrovò nel premettere alle singole lezioni destinate per li singoli giorni dell' anno la serie di lettere 31, altre minuscole, altre majuscole, e col sottoporvi le epatte 31 di cui si fa uso nel calendario. Le epatte propriamente non sono che 30, ma poichè la epatta 25 non devesi (72) confondere colla XXV, praticamente sono 31. In questo luogo sono tutte scritte con cifre arabiche ed uguali, e invece dell' * si pone il 30. Questi numeri o epatte qui non devono esprimere quanti giorni avesse di età la lunazione ecclesiastica al 31 dicembre dell' anno precedente, bensì quanti ne abbia nei singoli giorni dell' anno che corre. E perciò la serie delle lettere 31 è disposta in modo sempre uguale in fronte ad ognuna delle 365 lezioni, ma la disposizione delle epatte 31 varia di giorno in giorno, e sempre in maniera che quella lettera, alla quale sta sottoposto al 1.° di gennajo un numero eguale a quello dei giorni che la lunazione ha in esso giorno, ancora in ognuno degli altri 364 giorni dell' anno abbia sottoposto un numero eguale a quello dei

giorni che la ecclesiastica lunazione conta di età in esso giorno. Per esempio sotto la prima lettera *a* al 1.° gennajo sta l' epatta 2, al 2 l' epatta 3, al 3 l' epatta 4, al 4 l' epatta 5, ecc., poi al 29 di esso mese l' epatta 30, indizio di lunazione che termina in esso giorno, al 30 l' epatta 1, al 31 la 2, ... al 27 febbrajo la 29, numero che pur indica l' estremo giorno di questa lunazione cava, al 28 un' altra volta l'epatta 1, al 1.° marzo la epatta 2 e così via via in ciascun giorno dell' anno le sta sotto un' epatta o numero esprimente quanti giorni abbia di età in esso giorno la lunazione ecclesiastica nel supposto che il 1.° gennajo fosse il 2.° giorno della lunazione, ovvero che la epatta dell' anno fosse = I. Quando dunque la epatta dell' anno è la I, nel numerò sottoposto alla *a* minuscola leggesi giorno per giorno la età della lunazione per tutto il corso dell' anno. L' officio che fa la *a* quando l' anno ha la epatta I, lo fa la *b* quando l' anno ha la epatta II, la *c* quando l' anno ha la epatta III, la *d* quando l' anno ha la epatta IV, e così dicasi delle altre. Devesi però avvertire che nella serie di queste lettere tra la *E* majuscola e la *F* majuscola interponesi una *f* minuscola. La *F* serve negli anni aventi la epatta XXV, la *f* minuscola negli anni aventi la 25, nè devesi confondere la *F* colla *f*. Non devesi parimente confondere questa ultima *f* con quell' altra *f* che disposta in ordine alfabetico sta tra la *e* e la *g* e che si usa negli anni aventi la epatta VIII.

99. Tale essendo la disposizione e la corrispondenza tra le suddette lettere e le età delle lunazioni, ecco che per sapere quale sia la età della lunazione in un dato giorno di un dato anno basterà, conoscendo quale sia la lettera che pel corso di esso anno indica tale età e che

suole chiamarsi *lettera del Martirologio*, osservare quale numero le corrisponde nel dato giorno: questo numero è la età cercata della lunazione ecclesiastica. Si ritrova poi facilmente quale sia la lettera del Martirologio per un dato anno qualunque col mezzo della epatta dell' anno stesso. Si osserva nella serie delle lettere premesse alla lezione del 1.° gennajo quale sia quella a cui sta sotto un numero uguale alla detta epatta aumentata di una unità: essa è la lettera cercata. Così ritroverete che pel 1835 la lettera del Martirologio è la *a* minuscola, pel 1836 la *m* minuscola, pel 1837 la *D* majuscola, pel 1838 la *d* minuscola, pel 1839 la *q* minuscola, pel 1840 la *G* majuscola, ecc.

Del Ciclo delle Indizioni.

100. Il *Ciclo delle Indizioni* è un periodo di 15 anni che cominciò ad usarsi, si crede, al principio del 4.° secolo nella corte imperiale, non si sa per qual motivo, e che per lungo tempo di poi si adoperò nel porre le date ai pubblici atti e che finalmente divenne una particolarità della Curia Romana la quale se ne serve ancora presentemente nel porre le date alle sue Bolle. Questo ciclo non ha relazione veruna nè col sole, nè colla luna, nè colle feste. Esso procede come se incominciato avesse tre anni avanti l' era volgare. Però se aggiungerete al numero esprimente un dato anno futuro o passato e posteriore a *G. C.* il numero 3 e dividerete la somma per 15, otterrete nel residuo di questa divisione il numero che indica quale posto occupi in questo ciclo il dato anno. Così ritroverete che l' anno 1835 è l' 8.°, il 1836 il 9.°, il 1837 il 10.° del ciclo medesimo. Al numero esprimente quale posto abbia nel ciclo delle indizioni un dato anno dicesi *indizione dell' anno*

stesso. Così dicesi che il 1835 ha 8 d' indizione, il 1840 ha 13 d' indizione, ecc. Se nel fare la suddetta divisione si ha zero per residuo, si deduce che l' anno di cui si tratta ha 15 d' indizione.

Del Periodo Giuliano.

101. Giuseppe Scaligero, filosofo e letterato del secolo 16.° propose un vasto periodo, detto *Giuliano* perchè composto di anni giuliani, il quale servisse nella Cronologia a ridurre tutte le differenti ere ad una sola, a quella immaginaria di esso periodo, e ad esprimere in anni del periodo medesimo le varie epoche e date che dagli antichi furono espresse in anni di alcuna delle differenti ere usate nella istoria. Moltiplicando tra loro i numeri dei termini dei tre celebri cicli, del lunare, del solare e delle indizioni, cioè il 19, il 28 e il 15, si ottiene 7980, e di un così gran numero di anni consta il periodo giuliano. Il primo anno di questo periodo ha il numero 1 per ciascuno dei tre cicli: avanti che si rinnovi un anno avente ancora il numero 1 per ciascuno dei medesimi cicli devono scorrere, computando ancora il 1.° di detto periodo, 7980 anni, e l' anno 7981.° sarà quello che avrà una tale proprietà. Parimente ciascuno altro anno qualunque di questo periodo ha numeri suoi proprj per li detti tre cicli e comuni e nessun altro, e non è che l' anno 7981.° susseguente che li abbia un' altra volta. Imperciocchè i tre cicli tra loro combinati producono un ciclo di 7980 combinazioni ternarie, le quali corrispondono ad altrettanti anni, ad ognuno dei quali ne appartiene una sua propria che lo caratterizza e differenzia tra tutti gli altri.

102. Il vantaggio che questo periodo porge ai Cronologi si rende specialmente palese quando trattasi di epoche anteriori all' era volgare. I differenti storici usarono differenti ere. Ma il leggitore non deduce da tali indicazioni l' epoca intesa dagli scrittori se non dopo che conobbe il tempo che si frappone tra le ere medesime e la nostra, e quindi con apposito computo non ha riferita all' era nostra l' epoca indicata dagli scrittori. Il leggitore adunque dovrebbe continuamente fare dei simili computi in leggendo le istorie, e inoltre avere fisse in sua memoria le relazioni sussistenti tra era ed era per essere in grado di fare i computi stessi. Oltre di questo gli anni usati presso i diversi popoli e coi quali gli scrittori ci danno le epoche non hanno la loro origine in una stessa stagione. Gli uni, come quelli *ab urbe condita* dei Romani principiavano al 21 di aprile, altri al solstizio estivo come quegli delle Olimpiadi presso i Greci, altri all' equinozio di autunno come gli anni giudaici, altri al solstizio jemale come gli anni giuliani, ed altri finalmente non avevano un principio stabile relativamente alle stagioni, come gli antichi anni degli Egizj ed i moderni dei Turchi, essendo la lunghezza di questi anni minore di quella degli anni tropici. Ma queste ed altre difficoltà cronologiche rimangono tolte, riferite che una volta si abbiano le suddette antiche epoche al periodo giuliano.

103. Il primo anno dell' era nostra ebbe 2 di ciclo lunare, 10 di ciclo solare e 4 d' indizione. Da ciò segue che un tale anno fu il 4714 del periodo giuliano, poichè tra tutti i numeri compresi in detto periodo è il solo 4714 che diviso successivamente per 19, 28 e 15 somministri rispettivamente i tre residui 2, 10, 4.

104. Conoscendosi a quale anno del periodo giuliano

corrisponda il 1.° dell' era nostra, purchè si sappia di quanto una data era sia anteriore o posteriore alla nostra, si potrà l' era stessa riferire a questo periodo e quindi porre la data con anni del periodo stesso a tutti gli avvenimenti la data dei quali è relativa all' era medesima. Eccovi un esempio di questo uso del periodo giuliano. Il primo anno della prima Olimpiade, era famosa nella greca istoria, corrisponde all' anno 776 avanti G. C. Nel periodo giuliano adunque corrisponde all' anno 4714 — 776 = 3938. Questo anno aveva 5 di ciclo lunare, 18 di ciclo solare e 8 d' indizione.

Leggasi ora che la guerra del Peloponneso si suscitò nel 2.° anno della 87.ª Olimpiade. Erano dunque scorse 86 Olimpiadi intiere e inoltre correva il 2.° anno della 87.ª Volgeva dunque l' anno 345.° dopo il 1.° della 1.ª Olimpiade. Ma questo 1.° anno fu il 3938.° del periodo giuliano. Quindi l' anno in cui principiò la guerra peloponnesiaca fu il 3938 + 345 = 4283 del periodo giuliano.

Alessandro Magno morì nel 1.° anno della 114.° Olimpiade. Dunque nell' anno 452 dopo il 1.° della 1.ª Olimpiade, e quindi nell' anno del periodo giuliano 3938 + 452 = 4390.

105. Quando poi si hanno riferite le epoche degli storici avvenimenti al periodo giuliano, per riferirli ancora all' era nostra basta, se trattasi di avvenimenti anteriori a G. C., prendere la differenza tra l' anno 4714 che è il 1.° dell' era nostra e l' epoca degli avvenimenti medesimi. Questa differenza esprimerà il numero degli anni di cui essi avvenimenti furono anteriori a G. C. Così ritroverete che la guerra del Peloponneso incominciò nell' anno 4714 — 4283 = 431 avanti G. C. e che Alessandro Magno morì l' anno 4714 — 4390 = 324 avanti G. C. Se

poi un avvenimento è posteriore a G. C., dal numero esprimente l' anno del periodo giuliano, in cui avvenne, si leverà il numero 4713. Il residuo rappresenterà l' anno di G. C., in cui l' avvenimento stesso è accaduto.

Di alcune Ere.

Non dovrà riuscire sgradevole al giovane Lettore che alle ere nel precedente articolo rapportate ne aggiunga alcune altre delle principali che s' incontrano nella istoria e le riferisca e al periodo giuliano e all' era cristiana.

106. L' era della Creazione del Mondo è incertissima. I differenti sacri Cronologi non ostante la vollero determinare col mezzo degli storici avvenimenti, ma i risultamenti a cui giunsero gli uni sono generalmente assai diversi da quegli a cui gli altri pervennero.

Il Martirologio Romano appoggiandosi ai computi dei Settantadue Interpreti, ai quali computi la Chiesa Cattolica sempre usò rapportarsi nel determinare le epoche Bibliche, dà come epoca della Nascita di Gesù Cristo l' anno 5199 dalla Creazione del mondo. Se quest' anno corrisponde al 1.° dell' era nostra, quello della Creazione corrisponderebbe all' anno 486 avanti il 1.° del periodo giuliano.

L' era di cui usavano gli Ebrei e che chiamavano *Era Orbis conditi*, credendo che fosse l' epoca della Creazione; corrisponde al 7 ottobre dell' anno 953 del periodo giuliano. Secondo questa era il mondo sarebbe stato creato nell' anno 3761 avanti l' era nostra.

Secondo Clemente Alessandrino l' anno della Creazione fu il 911 avanti il 1.° del periodo giuliano, anno che corrisponde al 5624 avanti G. C.; secondo Eusebio fu il

486 del periodo giuliano, e quindi il 4228 avanti G. C.;
e secondo il Padre Pétau fu il 730 del periodo giuliano,
e il 3984 avanti G. C.

107. L' era *volgare* venne proposta dal monaco Dionigi, detto l' *Exiguo* per la sua piccolissima statura, Scita di nazione, ma che fiorì in Roma al principiare del 6.° secolo dopo G. C. e che abbiamo già nominato come Riformatore dell' antico Calendario Ecclesiastico. Fino allora i Cristiani si erano serviti di differenti ere nel numerare gli anni, e ciò costituiva una specie di disunione tra Cristiani e Cristiani, specialmente tra Orientali e Occidentali. Però Dionigi pensò di proporre all' orbe cristiano un' era che per la grandezza dell' avvenimento a cui si riferiva dovesse da tutti seguirsi. L' epoca dell' Incarnazione dell' Eterno Verbo fu l' era scelta da Dionigi. Questa era dionisiana che ora chiamasi *era di G. C.*, o *era cristiana*, o *era volgare* si propagò col volgere dei secoli e presentemente è quella di tutti i popoli cristiani, colla differenza però che invece di principiare col 25 marzo, come Dionigi voleva, principia col 1.° giorno di gennajo dell' anno giuliano susseguente. La maniera però di principiare gli anni dal 25 marzo durò lungo tempo nella Curia Romana, nella Toscana e nei regni della Gran-Bretagna ecc. Le date espresse con anni che principiano il 25 marzo sogliono essere seguite dalla seguente o da simile avvertenza: *ab Incarnatione Domini*. Gli anni che come i nostri principiano col 1.° gennajo si dicono *anni di G. C.* o *anni Domini*, o *anni volgari*. Presentemente è superfluo dare agli anni volgari epiteto veruno, giacchè oramai tutti i popoli civilizzati si servono di questi anni. In Roma però, almeno negli atti pubblici, si sogliono cominciare gli anni dal 25 dicembre e per distinguerli dai nostri

quando le date si riferiscono a quegli ultimi sette giorni di dicembre, vi aggiungono l' avvertenza: *A Nativitate Domini*. Il preciso anno della Nascita di G. C. non è noto: ma si hanno dati sufficienti per dimostrare che la Nascita di G. C. non avvenne nell' anno che noi diciamo 1.° dell' era nostra, e credesi che sia avvenuta almeno quattro anni prima.

108. L' *era diocleziana* o l' *era dei Martiri* corrisponde al giorno 17 settembre dell' anno 4997 del periodo giuliano e 284 di G. C. Si chiama *era diocleziana* perchè nel suddetto giorno Diocleziano pervenne all' impero, e *era dei Martiri* per l' immenso numero di Cristiani che subirono il martirio mentre Diocleziano regnò. Questa era fu usitatissima dagli antichi Cristiani ed è importante per l' ecclesiastica cronologia.

109. L' epoca della fondazione di Roma è l' era di cui si servono gli Storici Latini. Questa era corrisponde al 21 aprile dell' anno 3961 del periodo giuliano e dell' anno 753 avanti l' era cristiana. Gli anni che si riferiscono a questa era si denominano *anni ab urbe condita*.

110. Le opere d' Ipparco e di Tolommeo resero celebre in Astronomia l' era di Nabonassar Re e forse fondatore del regno di Babilonia o dei Caldei. Questa corrisponde al 26 febbrajo dell' anno 3967 del periodo giuliano e 747 avanti G. C. I due nominati Astronomi si servivano di quest' era nel porre la data alle proprie ed altrui osservazioni. La più antica delle astronomiche osservazioni aventi una data certa è quella riferita da Tolommeo di un eclisse di luna il quale incominciò in Babilonia l' anno 27.° di Nabonassar il 29 del mese Thoth a un' ora precisa dopo la levata della luna, la quale data corrisponde al 19 marzo dell' anno 3993 del periodo giuliano e del 721

avanti G. C. Gli anni di Nabonassar, che erano pur quelli degli Egizj, avevano una durata di 365 giorni precisamente. Il principio di una data stagione doveva dunque progredire di quasi sei ore ogni anno verso la fine dell' anno stesso, e in conseguenza l' equinozio di primavera per esempio in 1505 anni appartenere successivamente a ciascuno dei 365 giorni dell' anno, e al termine di un tale intervallo succedere un' altra volta nel medesimo giorno dell' anno e alla medesima ora del giorno nella quale succedeva 1505 anni prima.

111. L' *era dell' Egira* o *Maomettana* è l' epoca della fuga di Maometto da Mecca a Medina, la quale fuga avvenne il 16 luglio dell' anno di G. C. 622 e del periodo giuliano 5335. Da quest' era i Turchi, gli Arabi e tutti che professano il maomettismo numerano gli anni. Ma gli anni dei Turchi sono lunari, di 12 mesi alternativamente gli uni di 30 e gli altri di 29 giorni. Affinchè poi i loro anni lunari civili differiscano meno dai reali anni lunari, usano un ciclo di 30 anni, ad undici dei quali attribuiscono 355 giorni, mentre non ne danno che 354 agli altri. Essendo gli anni maomettani di 10 giorni e qualche ora più corti degli anni solari, il cominciamento di ognuno di quegli anni anticipa di una tale quantità relativamente e all' anno tropico e all' anno nostro civile, e però i mesi degli anni maomettani non possono avere veruna durevole corrispondenza nè colle stagioni nè coi mesi nostri.

Del nome dei giorni della Settimana.

112. I sette giorni della settimana sino negli antichi tempi ebbero rispettivamente le seguenti denominazioni, delle quali le cinque intermedie sono tuttora usate: *dies solis*,

dies lunae, *dies martis*, *dies mercurii*, *dies jovis*, *dies veneris*, *dies saturni.* Ma il sole, la luna, marte, mercurio, giove, venere e saturno sono quei sette astri che i nostri avi chiamavano *Pianeti.* I giorni della settimana ebbero adunque i nomi di questi pianeti: ma come li ebbero? e come li ebbero nel suddetto ordine? Ecco quanto intendiamo esporre in questo paragrafo, ultimo del presente discorso.

113. Un tempo si credeva che il centro di tutti i moti celesti fosse la terra e che la distanza dei nominati astri da noi avesse una stretta proporzionalità colle durate di loro rivoluzioni siderali. Secondo questo sistema il pianeta più vicino alla terra, dopo la luna, è mercurio, poi venere, quindi il sole, dopo marte, indi giove e finalmente saturno. Gli astrologi poi erano persuasi che questi pianeti influissero potentemente sopra tutte le cose terrestri e fisiche e morali, ma non tutti simultaneamente, ma ciascuno alla sua volta e sottentrando l' uno all' altro ad eguali intervalli di tempo e seguendo nel darsi la muta costantemente l' ordine delle supposte distanze, così che mercurio sempre sottentrasse alla luna, venere a mercurio, il sole a venere, marte al sole, giove a marte, saturno a giove, la luna a saturno, e così successivamente e senza alterazione veruna.

114. Da varie antiche nazioni e fra queste dagli antichi Romani dividevasi il tempo che scorre tra l' orto e il tramonto del sole e che costituisce la giornata in quattro parti eguali e che rispettivamente chiamavansi *hora prima*, *hora tertia*, *hora sexta*, *hora nona*, espressioni tuttora usate nella sacra Liturgia. La esposta credenza astrologica dello influire dei pianeti suggerì per onorare e farsi benevoli quelle influitrici divinità di dedicare ognuna delle quattro

nominate ore ad alcuno dei pianeti e di appellare l' ora medesima dal nome del pianeta a cui si consacrava e di seguire nel rendere questo culto l' ordine medesimo che i pianeti stessi si credeva seguissero nello influire. Allo incominciare di questa usanza la prima ora di quel primo giorno si avrà dunque dedicata alla luna, e però la 2.ª a mercurio, la 3.ª a venere e la 4.ª al sole. La prima ora del giorno susseguente dovevasi quindi dedicare a marte, la 2.ª a giove, la 3.ª a saturno e la 4.ª alla luna. E però la 1.ª ora del 3.° giorno si consacrava a mercurio, la 2.ª a venere, la 3.ª al sole e la 4.ª a marte. Quindi la 1.ª del 4.° giorno spettava a giove, la 2.ª a saturno, la 3.ª alla luna e la 4.ª a mercurio. Era dunque di venere la 1.ª ora del 5.° giorno, del sole la 2.ª, di marte la 3.ª e di giove la 4.ª Di saturno era la 1.ª del 6.° giorno, della luna la 2.ª, di mercurio la 3.ª e di venere la 4.ª Apparteneva quindi al sole la prima del 7.° giorno, a marte la 2.ª, a giove la 3.ª e a saturno la 4.ª In conseguenza le ore del 8.° giorno dovevansi dedicare alla luna, a mercurio, a venere e al sole siccome lo erano nel 1.° giorno, parimente nel 9.° giorno erano alle stesse quattro divinità consacrate alle quali lo erano nel 2.°, e così in perpetuo ad un dato pianeta era sacra la prima ora di ogni ottavo giorno successivo, e per conseguenza ciascuna ancora delle altre tre ore era sacra ad un altro determinato pianeta. Questo torno di ottavo in ottavo giorno delle medesime divinità a dare il nome proprio alle medesime ore del giorno deve aver introdotta la settimana ancora in astrologia, nella quale d' altronde doveva essere caro il numero sette, essendo sette i pianeti ai quali tante influenze attribuivansi. Nel corso del tempo poi l' abitudine volle che si desse a tutta

la giornata il nome del pianeta a cui era sacra la prima ora, e quindi i sette successivi giorni della settimana ricevettero rispettivamente i nomi seguenti: *dies lunae*, *dies martis*, *dies mercurii*, *dies jovis*, *dies veneris*, *dies saturni*, *dies solis*, il quale ultimo giorno per un culto giustamente dovuto al sole venne tosto computato come 1.° nella settimana.

115. Il periodo di sette giorni nella esposta maniera denominati non avrà originariamente costituito che una settimana astrologica. Ma quando l' Orbe Romano abbracciò la Religione Cristiana, la quale al pari della Giudaica scomparte il tempo in settimane, si può credere che i nomi dei sette giorni della settimana astrologica passassero dalle astrologiche scuole negli almanacchi destinati pel popolo, e che ricevuti favorevolmente, siccome il volgo suol sempre fare con tutto ciò che pute di superstizione o di astrologia, gradatamente si propagassero e divenissero di un uso generale. Quegli antichi Cristiani non ostante vollero ai nomi del 1.° e dell' ultimo giorno della settimana astrologica surrogare nomi più santi; al 1.° il nome di *dies dominica* in memoria della Resurrezione di Nostro Signore avvenuta in un tal giorno, e all' ultimo il nome di *sabbatum* col quale sempre venne nei sacri Libri e da tutta la Ebraica Nazione denominato l' ultimo giorno della settimana e che ci fa risovvenire della Creazione del Mondo.

Copia del Calendario Perpetuo.

La presente copia del Calendario Perpetuo Riformato consta di tre sole colonne. La prima offre il Ciclo delle Epatte disposto e premesso termine per termine ai singoli

giorni dell' anno nella maniera esposta nei numeri 68 e 69; la seconda contiene le lettere domenicali corrispondenti ai singoli giorni dell' anno nel modo indicato al numero 42, e la terza dà la serie dei numeri progressivi da cui si denominano i successivi giorni dei mesi.

I calendarj perpetui che leggonsi nei libri liturgici numerano i giorni dei mesi ancora alla latina per calende, none ed idi, come pure annunziano le singole feste che la Chiesa celebra nei diversi giorni dell' anno. Io omisi queste due colonne, come non interessanti la teorica del calendario.

Giovane Lettore, questo lungo discorso ti avrà forse non poco annojato e forse più volte, indispettito e per l' argomento e per la maniera ond' è svolto, l' avrai lungi gettato. Ciò non ostante io mi cònfido che, qualora tu abbia avuta la pazienza di tutto leggerlo, non potrai credere spesa inutilmente nè la mia nè la tua fatica.

GENNAJO

Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
*	A	1
XXIX	b	2
XXVIII	c	3
XXVII	d	4
XXVI	e	5
25. XXV	f	6
XXIV	g	7
XXIII	A	8
XXII	b	9
XXI	c	10
XX	d	11
XIX	e	12
XVIII	f	13
XVII	g	14
XVI	A	15
XV	b	16
XIV	c	17
XIII	d	18
XII	e	19
XI	f	20
X	g	21
IX	A	22
VIII	b	23
VII	c	24
VI	d	25
V	e	26
IV	f	27
III	g	28
II	A	29
I	b	30
*	c	31

FEBBRAJO

Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
XXIX	d	1
XXVIII	e	2
XXVII	f	3
25. XXVI	g	4
XXV. XXIV	A	5
XXIII	b	6
XXII	c	7
XXI	d	8
XX	e	9
XIX	f	10
XVIII	g	11
XVII	A	12
XVI	b	13
XV	c	14
XIV	d	15
XIII	e	16
XII	f	17
XI	g	18
X	A	19
IX	b	20
VIII	c	21
VII	d	22
VI	e	23
V	f	24
IV	g	25
III	A	26
II	b	27
I	c	28

MARZO			APRILE		
Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*	*Ciclo delle Epatte*	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
*	d	1	XXIX	g	1
XXIX	e	2	XXVIII	A	2
XXVIII	f	3	XXVII	b	3
XXVII	g	4	25. XXVI	c	4
XXVI	A	5	XXV. XXIV	d	5
25. XXV	b	6	XXIII	e	6
XXIV	c	7	XXII	f	7
XXIII	d	8	XXI	g	8
XXII	e	9	XX	A	9
XXI	f	10	XIX	b	10
XX	g	11	XVIII	c	11
XIX	A	12	XVII	d	12
XVIII	b	13	XVI	e	13
XVII	c	14	XV	f	14
XVI	d	15	XIV	g	15
XV	e	16	XIII	A	16
XIIII	f	17	XII	b	17
XIII	g	18	XI	c	18
XII	A	19	X	d	19
XI	b	20	IX	e	20
X	c	21	VIII	f	21
IX	d	22	VII	g	22
VIII	e	23	VI	A	23
VII	f	24	V	b	24
VI	g	25	IV	c	25
V	A	26	III	d	26
IV	b	27	II	e	27
III	c	28	I	f	28
II	d	29	*	g	29
I	e	30	XXIX	A	30
*	f	31			

MAGGIO			GIUGNO		
Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*	*Ciclo delle Epatte*	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
XXVIII	b	1	XXVII	e	1
XXVII	c	2	25. XXVI	f	2
XXVI	d	3	XXV. XXIV	g	3
25. XXV	e	4	XXIII	A	4
XXIV	f	5	XXII	b	5
XXIII	g	6	XXI	c	6
XXII	A	7	XX	d	7
XXI	b	8	XIX	e	8
XX	c	9	XVIII	f	9
XIX	d	10	XVII	g	10
XVIII	e	11	XVI	A	11
XVII	f	12	XV	b	12
XVI	g	13	XIV	c	13
XV	A	14	XIII	d	14
XIV	b	15	XII	e	15
XIII	c	16	XI	f	16
XII	d	17	X	g	17
XI	e	18	IX	A	18
X	f	19	VIII	b	19
IX	g	20	VII	c	20
VIII	A	21	VI	d	21
VII	b	22	V	e	22
VI	c	23	IV	f	23
V	d	24	III	g	24
IV	e	25	II	A	25
III	f	26	I	b	26
II	g	27	*	c	27
I	A	28	XXIX	d	28
*	b	29	XXVIII	e	29
XXIX	c	30	XXVII	f	30
XXVIII	d	31			

LUGLIO			AGOSTO		
Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*	*Ciclo delle Epatte*	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
XXVI	g	1	XXV. XXIV	c	1
25. XXV	A	2	XXIII	d	2
XXIV	b	3	XXII	e	3
XXIII	c	4	XXI	f	4
XXII	d	5	XX	g	5
XXI	e	6	XIX	A	6
XX	f	7	XVIII	b	7
XIX	g	8	XVII	c	8
XVIII	A	9	XVI	d	9
XVII	b	10	XV	e	10
XVI	c	11	XIV	f	11
XV	d	12	XIII	g	12
XIV	e	13	XII	A	13
XIII	f	14	XI	b	14
XII	g	15	X	c	15
XI	A	16	IX	d	16
X	b	17	VIII	e	17
IX	c	18	VII	f	18
VIII	d	19	VI	g	19
VII	e	20	V	A	20
VI	f	21	IV	b	21
V	g	22	III	c	22
IV	A	23	II	d	23
III	b	24	I	e	24
II	c	25	*	f	25
I	d	26	XXIX	g	26
*	e	27	XXVIII	A	27
XXIX	f	28	XXVII	b	28
XXVIII	g	29	XXVI	c	29
XXVII	A	30	25. XXV	d	30
25. XXVI	b	31	XXIV	e	31

SETTEMBRE			OTTOBRE		
Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*	*Ciclo delle Epatte*	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
XXIII	f	1	XXII	A	1
XXII	g	2	XXI	b	2
XXI	A	3	XX	c	3
XX	b	4	XIX	d	4
XIX	c	5	XVIII	e	5
XVIII	d	6	XVII	f	6
XVII	e	7	XVI	g	7
XVI	f	8	XV	A	8
XV	g	9	XIV	b	9
XIV	A	10	XIII	c	10
XIII	b	11	XII	d	11
XII	c	12	XI	e	12
XI	d	13	X	f	13
X	e	14	IX	g	14
IX	f	15	VIII	A	15
VIII	g	16	VII	b	16
VII	A	17	VI	c	17
VI	b	18	V	d	18
V	c	19	IV	e	19
IV	d	20	III	f	20
III	e	21	II	g	21
II	f	22	I	A	22
I	g	23	*	b	23
*	A	24	XXIX	c	24
XXIX	b	25	XXVIII	d	25
XXVIII	c	26	XXVII	e	26
XXVII	d	27	XXVI	f	27
25. XXVI	e	28	25. XXV	g	28
XXV. XXIV	f	29	XXIV	A	29
XXIII	g	30	XXIII	b	30
			XXII	c	31

NOVEMBRE			DICEMBRE		
Ciclo delle Epatte	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*	*Ciclo delle Epatte*	*Lettere domenicali*	*Giorni del mese*
XXI	d	1	XX	f	1
XX	e	2	XIX	g	2
XIX	f	3	XVIII	A	3
XVIII	g	4	XVII	b	4
XVII	A	5	XVI	c	5
XVI	b	6	XV	d	6
XV	c	7	XIV	e	7
XIV	d	8	XIII	f	8
XIII	e	9	XII	g	9
XII	f	10	XI	A	10
XI	g	11	X	b	11
X	A	12	IX	c	12
IX	b	13	VIII	d	13
VIII	c	14	VII	e	14
VII	d	15	VI	f	15
VI	e	16	V	g	16
V	f	17	IV	A	17
IV	g	18	III	b	18
III	A	19	II	c	19
II	b	20	I	d	20
I	c	21	*	e	21
*	d	22	XXIX	f	22
XXIX	e	23	XXVIII	g	23
XXVIII	f	24	XXVII	A	24
XXVII	g	25	XXVI	b	25
25. XXVI	A	26	25. XXV	c	26
XXV XXIV	b	27	XXIV	d	27
XXIII	c	28	XXIII	e	28
XXII	d	29	XXII	f	29
XXI	e	30	XXI	g	30
			19. XX	A	31

INDICE

Z
S
E
o
D
B
C
A
8
K
B
14
D
C
T
L
16
F
E
D
G
S
C
H
A
B
17